



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
NICARAGUA**
**Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos
de Nicaragua (CIRA-UNAN)**



Maestría en Ciencias del Agua



**Trabajo de Tesis
Para optar al grado de
Master en Ciencia del Agua**

**ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN POR
HIDROCARBUROS VOLÁTILES (BTEX) EN UN
SITIO DE DERRAME DE GASOLINA, COLONIA
UNIDAD DE PROPÓSITO, MANAGUA,
NICARAGUA**

Por

María Elena del Socorro López Blanco

**Tutor: Dr. William Martínez Bermúdez - Geólogo
Asesor: Dr. Jorge Pitty Tercero - Ecólogo
Asesor: MsC. Enoc Castillo Hernández – Hidrogeólogo**

Managua, Año 2005

**Patrocinado por la Red Centroamericana para el Manejo de los
Recursos Hídricos (Red CARA)**



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
(UNAN-Managua)
Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua
(CIRA-UNAN)



Programa de Maestría en Ciencias del Agua

ACTA DE DEFENSA DE TESIS DE GRADO No. 9

Acta de Defensa de Tesis de Maestría en Ciencias del Agua de la Lic. María Elena del Socorro López Blanco, Carnet Número: 83-07335-0

Los suscritos integrantes del Tribunal Examinador, nombrados por la Comisión del Programa de Maestría en Ciencias del Agua, reunidos en el aula de Maestría del CIRA/UNAN, en la Ciudad de Managua, República de Nicaragua, a los cinco días del mes de Agosto del año dos mil cinco, de acuerdo con lo establecido por la ley No. 89 (Ley de Autonomía de las Instituciones de Educación Superior), y lo establecido en el Título VI del Reglamento de Educación Continua y Estudios de Postgrado de la UNAN-Managua, se organizaron de la siguiente forma:

JURADO EXAMINADOR:

Dr. Luis Molina Barahona	Dr. en Ciencias, Especialidad en Toxicología Ambiental, México.	Presidente
Ing. Róger Mejía Briceño	Especialidad en Hidrología Subterránea, España.	Secretario
MSc. Dionisio Rodríguez	MSc. Geología Económica, Suecia.	Vocal

Con el objeto de evaluar en acto de defensa de la tesis titulada: **"Contaminación por Hidrocarburos (BTEX) en un sitio de derrame de gasolina, Colonia Unidad de Propósito, Managua, Nicaragua."**, presentada por la Lic. María Elena del Socorro López Blanco.

La Lic. López Blanco, realizó la presentación y defensa del tema, contestando las preguntas formuladas por los miembros del tribunal presente, quienes le otorgan la calificación de 85 (Aprobado por Unanimidad), con lo cual se dan por concluidos los requisitos para que la Lic. María Elena del Socorro López Blanco, opte al Título de Maestro en Ciencias del Agua.





Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
(UNAN-Managua)
Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua
(CIRA-UNAN)



Programa de Maestría en Ciencias del Agua

Leída que fue la presente acta, la encontramos conforme, ratificamos y firmamos en la Ciudad de Managua, República de Nicaragua a los cinco días del Mes de Agosto del Año 2005.

Firman:

Dr. Luis Molina Barahona
Presidente

Ing. Róger Mejía Briceno
Secretario

MSc. Dionisio Rodríguez
Vocal

Lic. María Elena del Socorro López Blanco
Estudiante



Ante mí

Dra. Katherine Vammen
Coordinadora
Maestría en Ciencias del Agua

DEDICATORIA

A mis Padres (Q.E.P.D) por haberme dado la vida y todo el apoyo mientras estaban conmigo para haber llegado hasta donde estoy.

A mis Hijos, María José, Chema y Claudia que con su paciencia y tolerancia me permitieron llegar hasta donde estoy.

A todos los miembros de mi familia que me apoyaron en estos dos años de estudios.

A Pedro por su apoyo emocional, moral, profesional y económico

AGRADECIMIENTOS

Al CIRA/UNAN- Managua, por haberme dado la oportunidad de ingresar al programa de Maestría y a todo su personal técnico – científico por la ayuda y disposición mostrada a lo largo de estos dos años de estudio.

A la Red CARA (Red Centroamericana para el Manejo de los Recursos Hídricos), por el financiamiento brindado tanto para mis estudios como para el proyecto de tesis.

Al Doctor Ramón Aravena, profesor de la Universidad de Waterloo, Canadá por su apoyo e invaluable gestión y colaboración en la realización de los análisis en el laboratorio de compuestos orgánicos de dicha universidad y sus aportes oportunos en esta tesis.

A mi tutor Dr. William Martínez Bermúdez, a mis asesores Dr. Jorge Pitty Tercero y MSc, Enoc Castillo Hernández por la ayuda incondicional y sus valiosos aportes y sugerencias para la culminación de este trabajo.

Al personal del Centro de Investigaciones Geocientíficas CIGEO/UNAN que colaboraron en el levantamiento geofísico y en la perforación exploratoria. Especial mención merece el MSc. Dionisio Rodríguez y el MSc. Alfredo Mendoza por su apoyo y facilidades tanto en la parte técnica como científica.

A todo el personal de la Coordinación de Maestría por el apoyo brindado en los momentos oportunos; así mismo al personal del Departamento de Hidrogeología del CIRA por sus aportes científicos.

A todos mis profesores que con sus conocimientos me ayudaron a desarrollar una nueva disciplina en mi carrera profesional.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
Índice de Tablas.....	viii
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Anexos.....	xi
Lista de Abreviaturas.....	xii
RESUMEN	
I. INTRODUCCION	1
1.1 Ubicación del Sitio del Derrame y Área de Estudio	2
1.2 Antecedentes.....	3
1.3 Planteamiento del Problema.....	4
1.4 Justificación.....	5
II. OBJETIVOS	7
2.1 Objetivo General.....	7
2.2 Objetivos Específicos.....	7
III. MARCO TEÓRICO	8
3.1 Caracterización de Plumas Contaminantes con Exploración Geofísica.....	8
3.2 Teoría de Resistividad Eléctrica.....	9
3.2.1 Principios de Medición.....	11
3.2.2 Levantamiento de Resistividades Multielectrodos...	12
3.2.3 Exploración de Agua Subterránea.....	15
3.3 Transporte y Destino de Contaminantes en el Subsuelo.	15
3.3.1. Procesos Físicos que controlan el Transporte de los Contaminantes en la Fase Acuosa en el Subsuelo.....	16
3.3.2. Transporte Difusivo en materiales baja permeabilidad	22
3.3.3 Efectos de la Densidad en el Transporte.....	22
3.3.4 Retardación de los Contaminantes.....	23

3.3.5 Transporte a través de Medios Fracturados.....	24
3.3.6 Transporte a través de Medios Porosos.....	25
3.4. Procesos Físicos que controlan el Transporte de los Contaminantes de Fase Líquida No Acuosa (LNAPL).....	27
3.4.1. Transporte de los LNAPL.....	28
3.5 Procesos Químicos que controlan el Transporte de los Contaminantes en el Subsuelo.....	30
3.5.1. Adsorción.....	31
3.5.2. Hidrólisis.....	32
3.5.3. Volatilización y Disolución	32
3.6 Procesos Biológicos que controlan el transporte de los contaminantes en el subsuelo.....	34
3.6.1. Evidencias de Microorganismos en el subsuelo.....	34
3.6.2. Factores Ambientales que afectan la Biodegradación	37
3.6.3. Factores Fisiológicos que afectan la Biodegradación.	38
3.6.4. Factores Químicos que afectan la Biodegradación.	38
3.7 Contaminación del Suelo y Agua Subterránea por BTEX.....	39
3.7.1 Hidrocarburos que componen la Gasolina.....	40
3.7.2 Transporte y Destino de los BTEX.....	41
3.7.3 Características y Propiedades de los BTEX.....	43
3.7.4 Efectos de los BTEX en la Salud.....	46

IV. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO DEL AREA DE MANAGUA 47

4.1 Geología General	47
4.2 Origen del Graben de Managua.....	47
4.3 Estratigrafía del Graben de Managua.....	51
4.4 Hidrología del Graben de Managua.....	53
4.5 Síntesis del Medio Físico del área de Managua.....	55

V METODOLOGÍA.....	57
5.1 Reconocimiento Geológico de Campo.....	57
5.2 Catas Exploratorias.....	57
5.3 Pruebas de Infiltración.....	59
5.4 Levantamiento Geofísico.....	62
5.5 Instalación de piezómetros.....	64
5.6 Muestreo de Aguas.....	65
5.7 Análisis de los Compuestos BTEX.....	66
5.8 Análisis Físico-Químicos de Compuestos Inorgánicos	67
5.9 Estimación del Factor de Retardación y la Velocidad de la Pluma contaminante de los BTEX.....	68
5.10 Perforación Rotativa	70
VI.- RESULTADOS y DISCUSIÓN	72
6.1 Reconocimiento Geológico de Campo.....	72
6.1.1 Hidrología y Naturaleza del Subsuelo del Sitio..	72
6.1.2 Tectónica y Geología del sitio de estudio.....	75
6.2 Catas Exploratorias.....	78
6.3 Influencia de la infiltración en el movimiento del contaminante	79
6.4 Caracterización Geoeléctrica del sitio de estudio	81
6.5 Parámetros Químicos como indicadores de Biodegradación....	84
6.6 Comportamiento de los BTEX en los estratos muestreados.	88
6.7 Comportamiento de los BTEX en el Agua Subterránea.....	92
VII.- CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES	97
VIII.- BIBLIOGRAFÍA.....	101
IX.- ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No.1	Valores de Resistividad para Materiales Geológicos seleccionados.....	11
Tabla No.2	Factores Ambientales Críticos que limitan los Procesos de Descomposición Microbiana.....	37
Tabla No.3	Características de los BTEX.....	45
Tabla No.4	Coordenadas de Ubicación de la Catas Exploratorias.....	59
Tabla No. 5	Ubicación de las Pruebas de Infiltración.....	59
Tabla No. 6	Precipitaciones Mensuales para Calcular el Porcentaje de Infiltración.....	60
Tabla No.7	Coeficientes de Infiltración.....	62
Tabla No. 8	Ubicación de Perfiles Geofísicos en el Área de Estudio...	62
Tabla No. 9	Ubicación de Mini piezómetros.....	64
Tabla No. 10	Ubicación de Sitios de Muestreo de Agua.....	66
Tabla No. 11	Límites de Detección del Método utilizado en Análisis de BTEX.....	67
Tabla No. 12	Límites de Detección de los Métodos utilizados en análisis de compuestos inorgánicos	67
Tabla No. 13	Coeficientes de Partición Carbono Orgánico - Agua (K_{oc})	68
Tabla No. 14	Valores de Densidad, Porosidad y Fracción de CO.....	69
Tabla No. 15	Cálculo del Porcentaje de Infiltración en el Área	79
Tabla No. 16	Resultados de Análisis Químicos de Indicadores Orgánicos en Agua Subterránea.....	85
Tabla No. 17	Resultados Analíticos de BTEX en muestras de suelo..	88
Tabla No. 18	Porcentajes de Arena, Limo, Arcilla y Materia Orgánica	89

Tabla No. 19 Cálculo del Factor de Retardación “R” para los BTEX....	92
Tabla No. 20 Resultados de Análisis Químicos en Muestras de Agua..	93

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Ubicación del Sitio del Derrame y Área de influencia directa indirecta.....	2
Fig. 2 Principios de Medición de la Resistividad Eléctrica.....	10
Fig.3 Principio de la Técnica Roll along	13
Fig.4 Secuencia de Medidas para elaborar una Seudo sección.....	13
Fig.5 Efectos de la velocidad del agua subterránea en la forma de la pluma.	18
Fig.6 Pluma Hipotética para dispersividades grandes y pequeñas.....	20
Fig. 7 Distribución y Concentración del contaminante en un Acuífero estratificado ideal.....	21
Fig.8 Tiempo requerido para el movimiento del contaminante con diferentes factores de retardación.....	23
Fig. 9 Transporte en rocas fracturadas porosas.....	24
Fig.10 Permeabilidad relativa como una función de la saturación.....	28
Fig.11 Movimiento de LNAPL en el subsuelo.....	30
Fig.12 Datos de Equilibrio para diferentes compuestos.....	31
Fig. 13 Cambios microbiales en las especies químicas	36
Fig.14 Diferentes procesos relacionados al suelo y agua subterránea.....	43
Fig. 15 Tectónica de Placas en Centro América.....	48

Fig. 16 Estructuras Tectónicas dentro de la “Depresión de Nicaragua”.....	49
Fig. 17 Origen del Graben de Managua.....	50
Fig. 18 Imagen de Satélite mostrando el Graben de Managua.....	51
Fig. 19 Columna Estratigráfica compuesta del Graben de Managua.....	52
Fig. 20 Mapa Geológico del Acuífero de Managua....	54
Fig. 21 Ubicación de Obras directas en el Área de Estudio, mostrando los Puntos de muestreo, perfiles geofísicos, catas exploratorias y pruebas de infiltración.....	58
Fig. 22 Doble anillo utilizado en las pruebas de Infiltración.....	60
Fig. 23 Equipo utilizado en el Levantamiento Geofísico mostrando la unidad ABEM, cables conectores y electrodos.....	63
Fig.24 Minipiezómetro No.4 Instalado cerca del cauce y barreno manual perforando los hoyos para instalación de minipiezómetros.....	65
Fig. 25 Ubicación de Perforación Rotativa	71
Fig. 26 Columna Estratigráfica del Sitio del Derrame.....	73
Fig. 27 Superficies Freáticas del Sitio de Estudio	74
Fig. 28 Perfil Estratigráfico-Estructural transversal al sitio del derrame.....	76
Fig. 29 Modelo Geotectónico del Sitio de Estudio..	77
Fig. 30 Perfil W-E de suelo a partir de datos de Catas Exploratorias.....	78
Fig. 31 Curvas de Infiltración del Sitio de Estudio.....	80
Fig. 32 Seudosecciones de Resistividad Aparente de los perfiles geofísicos en el área de estudio.....	83

Fig. 33	Perfil Estratigráfico con la extensión del combustible a partir del sitio del derrame.....	84
Fig. 34	Gráficos mostrando el comportamiento de los Indicadores Inorgánicos de Degradación en el medio estudiado.....	87
Fig. 35	Distribución Vertical de Tolueno, Etilbenceno y Xileno en el pozo perforado y su relación con la columna estratigráfica.....	90
Fig. 36	Variación de Granulometría y Materia Orgánica en la columna del pozo.....	91
Fig. 37	Comportamiento de los compuestos orgánicos encontrados en el agua subterránea en el pozo de monitoreo PM-01.....	94

INDICE DE ANEXOS

Anexo A	Formato y Datos de Campo de Pruebas de Infiltración
Anexo B	Formato de Campo de Muestreo de Agua y Suelo y Resultados de Parámetros Inorgánicos
Anexo C	Normas Internacionales y Valores Guías de Compuestos BTEX para Suelos y Agua Subterránea
Anexo D	Calculo del Factor de Retardación
Anexo E	Resultados de Análisis de los compuestos BTEX de la Universidad de Waterloo, Canadá.
Anexo F	Resultados de Análisis de compuestos BTEX y Cromatogramas del Laboratorio del Instituto de Medicina Legal, Managua.
Anexo G	Glosario de Términos Utilizados

ABREVIATURAS

BTEX: Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos.

CAPRE: Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centro América, Panamá y República Dominicana

CIGEO: Centro de Investigaciones Geocientíficas

CIRA: Centro para la Investigación de Recursos Acuáticos

CVES: Continuos Vertical Electric Sounding (Sondeos Eléctricos Verticales Continuos)

DNAPL: Dense Non Aqueous Phase Liquid (Fase Líquida Densa no Acuosa)

EEC: Comunidad Económica Europea

ERA: Ecological Risk Assessment (Evaluación del Riesgo Ecológico)

ERT : Electrical Resistivity Traversing (Resistividad Eléctrica Transversal)

EUA: Estados Unidos de América

GPR: Ground Penetrating Radar (Radar de Penetración del Terreno)

INE: Instituto Nicaragüense de Energía

INAA: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados

INETER: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

JICA: Agencia de Cooperación Internacional de Japón

Km.: Kilómetro

LNAPL: Light Non Aqueous Phase Liquid (Fase Líquida Liviana no Acuosa)

LDM: Límite de Detección del Método

MARENA: Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales

mA : mili Amperios

MTBE: Metil Ter Butyl Eter (aditivo utilizado en las gasolinas como oxigenante y aumentador del octanaje)

MCL: Maximum Contaminant Level (Nivel Máximo del Contaminante)

mV: mili Voltios

NAPL: Non Aqueous Phase Liquid (Fase Líquida no Acuosa)

OMS: Organización Mundial de la Salud

PCBs: Bifenilidos Policlorinados

ppb: Partes Por Millón

STD: Sólidos Totales Disueltos

SUWaR: Sustainable Use Water Resources (Uso Sostenible de Recursos Hídricos)

UNAN: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua

US-EPA: United State Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos)

UTM: Unidades Transversales de Mercator

VES: Sondeo Eléctrico Vertical

RESUMEN:

En Mayo del 2003 ocurrió un derrame de 5 320 galones de gasolina en una estación de servicio Texaco, ubicada en el kilómetro 9.5 de la Carretera Panamericana en la Colonia Unidad de Propósito al NE de la ciudad de Managua, la capital de Nicaragua. El área es residencial, comercial e industrial, por tanto altamente vulnerable a este tipo de situación.

Para determinar la concentración, migración y distribución de los contaminantes volátiles de gasolina (BTEX) en el subsuelo y el impacto al agua subterránea del Sub Acuífero Oriental del Acuífero de Managua, se llevó a cabo la presente investigación, en un área de influencia directa e indirecta del derrame de gasolina de $\sim 3.2 \text{ km}^2$, en el período comprendido entre Marzo 2004 y Marzo 2005.

El ambiente geológico, por donde el contaminante tuvo un movimiento descendente rápido, es una zona de fractura (falla inactiva) de material permeable y heterogéneo. El contaminante se ha movido de la zona de fractura a un bloque tectónico hundido al oeste, donde está ocurriendo una remediación intrínseca o biodegradación tanto aeróbica como anaeróbica en la zona vadosa de alta permeabilidad con 18 m de potencia hasta alcanzar el nivel freático.

El método geofísico de resistividades es efectivo para la caracterización geoeléctrica de zonas contaminadas con hidrocarburos volátiles. La observación de las zonas con anomalías geofísicas es discriminante, mostrando una alteración del medio por los compuestos derramados, comportándose ese medio contaminado como altamente conductivo.

Los resultados indican además, que dentro del grupo de los BTEX el benceno fue removido más rápidamente con la distancia desde la fuente y que el tolueno, m,p-xileno y otros componentes de la gasolina han emigrado 110 m al NNE del sitio del derrame, moviéndose en un medio potente de 18 m de zona vadosa. Esto se comprueba con la amplia anomalía conductiva en el perfil geoeléctrico P-1 y los análisis realizados en los estratos y el agua subterránea del pozo de monitoreo.

Dada la gran distancia horizontal de más de 2 Km. gradiente abajo, es de esperarse que no haya impacto en los pozos excavados de consumo, manantiales y en Lago de Managua de acuerdo a la velocidad de la pluma calculada de la ecuación $V_p = V/R$.

Palabras Claves: Derrame, Contaminación, BTEX, Migración, Remediación In

I. INTRODUCCIÓN

En la Colonia Unidad de Propósito situada al NE de la ciudad capital, en Mayo de 2003 ocurrió un derrame de 5 320 galones de gasolina de uno de los tanques subterráneos de una estación de servicio de la TEXACO Inc.

El área del derrame de aproximadamente 3,2 km², incluye el área de influencia directa e indirecta en la dirección preferencial NNE del flujo del agua subterránea, como parte de la Sub Cuenca Oriental (de ~222 km²) del Acuífero de Managua, está sobre una zona de descarga local de agua subterránea. El área con un gradiente de 1/27, además del drenaje pluvial, también recibe las aguas servidas de los barrios “Unidad de Propósito”, “José Benito Escobar” y sus alrededores.

El Acuífero de Managua con una superficie de 640 km² comprende las subcuencas subterráneas Occidental, Central y Oriental. La extensión y el control del acuífero y las subcuencas es geológico-estructural. Siendo sus límites: al Norte el Lago de Managua; al Sur el Sistema ESE de Fallas Las Nubes, desde el poblado de Niquinohomo hasta El Crucero, en el contacto de dos estructuras tectónicas: La Meseta de los Pueblos (un alto estructural) y el área de Managua (un graben); al Este el Sistema N-S de Fallas Cofradía, al Este de la carretera Tipitapa - Masaya; y al Oeste el Sistema NNW de Fallas Mateare.

Al respecto, en el área de Managua, a pesar de la alta densidad de gasolineras y del inherente alto riesgo que representan, a la fecha no existen estudios específicos para prevenir o determinar la contaminación por derrames de hidrocarburos. Por tanto es necesario evaluar el grado de peligro y ese riesgo inherente, y cual sería el comportamiento de los contaminantes en el medio y cómo podrían alcanzar el acuífero.

En este trabajo de tesis, se han investigado las condiciones geológicas e hidrológicas del entorno del sitio del derrame y se ha utilizado la exploración geofísica eléctrica como herramienta para discernir sobre el patrón de la pluma y la migración de los contaminantes en el medio.

1.1 Ubicación del Sitio del Derrame y Área de Estudio

El sitio del derrame se ubica en el kilómetro 9,5 de la carretera norte, en la entrada a la Colonia Unidad de Propósito, en el sector NE de la ciudad capital en las coordenadas de referencia 1342950 N / 588100 E.

El área de estudio de aproximadamente 3,2 km², incluye el área de influencia directa e indirecta en la dirección preferencial NNE del flujo del agua subterránea. El área está limitada al norte por la ribera del Lago de Managua, al sur a 900m por la antigua vía del ferrocarril, al Este por un trazo de la Falla Aeropuerto y al Oeste por un trazo de la Falla Las Colinas (Fig.1).



Fig. 1 Ubicación del Sitio del Derrame y Área de Influencia Directa e Indirecta

1.2 Antecedentes

La ciudad de Managua de aproximadamente 1,5 millones de habitantes, representa la cuarta parte de la población de Nicaragua, población cuya tendencia es al crecimiento exponencial. El abastecimiento de agua potable se da por medio de una batería de pozos que extraen del Acuífero de Managua hasta el 92% del agua de consumo de la ciudad (INAA, 2004), en ese contexto es imperiosa la necesidad de cuidar este recurso en cantidad y calidad.

El Acuífero, está contenido principalmente en las rocas del basamento, tobas basálticas aglomeráticas del Grupo La Sierras del Plio-Pleistoceno (1 millón a ~200,000 años atrás) caracterizadas por presentar excelente transmisividad y permeabilidad primaria y secundaria. Estas características de excelente transmisividad y permeabilidad, bondades del medio que posibilitan los reservorios de agua subterránea, son las que paradójicamente hacen al acuífero altamente susceptible a la contaminación (SUWaR-NICARAGUA, 2000).

El proyecto “Uso Sostenible de los Recursos Hídricos” (SUWaR-NICARAGUA, 2000) identificó 594 fuentes puntuales y dispersas de contaminación del acuífero. Dentro de estas fuentes se identificaron 75 gasolineras (al 2005 se contabilizan alrededor de 120 gasolineras, INE 2005), fuentes de alto riesgo, debido a la disposición, almacenamiento y manipulación de los hidrocarburos.

Las gasolineras, analizadas por el SUWaR, contaban hasta 1998 con un mínimo de 4 tanques subterráneos con capacidades de almacenamiento de 1,000 a 5,000 galones de los diferentes productos a comercializar. En el año 2000 la mayoría de ellas fueron automatizadas como prevención a posibles fugas y derrames. Sin embargo, en general no existe control sobre los hidrocarburos, aceites y grasas, ni de los envases para que estos sean reciclados (SUWaR-NICARAGUA, 2000).

Por su parte Cruz (1997) en el trabajo de tesis “Modelaje del Acuífero de Managua y su Rendimiento Sostenible” recomienda: (1) utilizar mejores técnicas de investigación entre las cuales está la aplicación de métodos geofísicos y (2) para buscar indicadores de contaminación hacer énfasis en

análisis de compuestos volátiles como el xileno, tolueno y benceno, y enfocarse en analizar sustancias menos densas que el agua (LNAPL) y más densas (DNAPL).

El debate público que se originó a raíz del derrame de Mayo/2003, ha despertado a su vez el interés de autoridades, comunidad científica nacional, empresas y público en general, en el sentido de garantizar una actividad económica de manera racional y segura, con una planificación adecuada en base a estudios geológicos básicos, para prevenir el establecimiento de gasolineras en áreas críticas. Es necesario tomar las medidas pertinentes de seguridad industrial en la prevención de defectos ingenieriles y tecnológicos.

1.3 Planteamiento del Problema

El área de Managua ha absorbido la mayor parte poblacional de Nicaragua. Las implicaciones de ese crecimiento acelerado ha traído como consecuencia demandas de orden económico y social. Por ejemplo, el aumento del parque vehicular a partir 1990 al 2004 (de ~ 60 a 180 mil unidades) ha venido acompañado del aumento en el número de gasolineras (de 75 a 120 estaciones de servicio).

Por otro lado, dada la intensa geodinámica activa inherente al área de Managua, es evidente que las estaciones de gasolineras conllevan un alto riesgo potencial de contaminación independiente de las medidas tecnológicas o de seguridad pertinentes que se tomen, resultando en un alto riesgo de contaminación en caso de infiltración o derrame de combustible al medio con el consecuente peligro para la salud.

Así, el derrame ocurrido en mayo de 2003 se dio sobre un sitio de geología compleja, próximo al trazo de la falla Aeropuerto que conforma el margen Oeste del Graben Aeropuerto, una estructura geológica activa de 18 Km. de ancho, que a su vez hace posible la ocurrencia de un medio acuífero potente, tal cual es el Acuífero Oriental de Managua.

1.3 Justificación

El Acuífero de Managua, por su naturaleza hidrogeológica, es muy susceptible a la contaminación. Esto aunado al número de gasolineras en el área de Managua, hace necesario desarrollar una metodología rápida y confiable para evaluar in situ y con análisis de laboratorio, los derivados de gasolina y diesel derramados al medio, los cuales representan un alto riesgo a la salud pública y medio ambiente.

Los compuestos de la gasolina tales como el benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX) son relativamente móviles en el agua subterránea (Kennedy, 1992; Davis et al., 1993). La remediación intrínseca, también referida como “atenuación natural” de los BTEX en el agua subterránea, ha sido reportada por numerosos autores (p.ej., Hinchey et al., 1995; Alleman & Leeson, 1997).

Sin embargo, persisten debates e incertidumbres relativos a la determinación, cuantificación y destino de los BTEX en un acuífero de ambiente complejo, como el Acuífero de Managua.

Uno de los principales problemas a resolver a nivel mundial para la protección del agua subterránea a la contaminación de estos compuestos, es obtener una rápida indicación, identificación, localización y cuantificación del área contaminada (Mazáč & Landa, 1978). Existen métodos directos a primera instancia, para determinar la extensión de la contaminación, tales como la perforación, la cual en áreas urbanas como Managua, consume mucho tiempo, es onerosa y un tanto difícil de llevar a cabo, dada la infraestructura existente (viviendas, líneas de transmisión aéreas y subterráneas).

Para esta investigación se planteó la aplicación de métodos eficientes, seguros, rápidos, baratos y que interfieran lo menos posible con la infraestructura existente. Los métodos geofísicos como sensores remotos, geobotánica, sonda fotográfica, entre otros, cuando son aplicados correctamente cumplen este cometido.

De hecho en muchos países se han aplicado y se aplican cada vez más los métodos geofísicos para determinar la extensión de la contaminación de los NAPLs en el agua subterránea: El método tradicional de Sondeo Eléctrico

Vertical (VES), el método “*Screening body*” (SB), el Ground Penetrating Radar (GPR), los métodos electromagnéticos (EM) y otros métodos eléctricos como los Sondeos Eléctricos Verticales Continuos (SEVC) llamado también Tomografía Eléctrica.

Dada las condiciones hidrogeológicas del sitio del derrame y su entorno, en esta investigación, los factores favorables de tiempo y costo definieron la aplicación de l método geofísico llamado “Tomografía Eléctrica” para determinar, en la medida de lo posible, la extensión de la pluma de contaminación.

A su vez, la determinación física de la contaminación en combinación con los análisis de laboratorio permitirán establecer una metodología rápida, eficiente y confiable para discernir y entender el comportamiento de los contaminantes de hidrocarburos en el sitio del derrame y establecer los blancos (targets) efectivos a perforar.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Determinar la concentración, migración y distribución de los contaminantes volátiles BTEX a partir del derrame de 5 320 galones de gasolina ocurrido en Mayo/2003, en la Estación de Servicio Texaco-Parque Industrial, Colonia Unidad de Propósito, Managua.

2.2 Objetivos Específicos

- Establecer parámetros de evaluación relativo a las condiciones hidrogeológicas y geodinámicas de esa área de Managua.
- Delimitar la pluma de contaminación por hidrocarburos aplicando el método geofísico de Tomografía Eléctrica.
- Conocer el patrón de migración y comportamiento de los contaminantes dentro del medio físico circundante.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Caracterización de Plumas Contaminantes con Exploración Geofísica

Actualmente a nivel internacional existe una tendencia al uso de métodos geofísicos para el estudio de sitios contaminados por los compuestos no solubles en agua (NAPL), como una medida eficaz en la caracterización y monitoreo de los mismos. Los modelos geofísicos resultantes se han combinado exitosamente con resultados químicos de laboratorio para derivados de hidrocarburos.

Estas investigaciones ilustran que las propiedades geofísicas de las plumas de contaminación por hidrocarburos en el medio natural, pueden determinarse de las señales geofísicas observadas en muchos lugares con contaminación de LNAPL (Sauck et al., 1998; Benson & Mutsoe 1996; Atekwana et al. 1998).

A menudo los geofísicos han basado la interpretación de los resultados de las investigaciones en resultados de modelos intuitivos (p.ej., Mazac et al., 1990). Sin embargo, el hecho que los modelos intuitivos no reproducen las condiciones geodinámicas naturales de los sitios contaminados, hacen que las investigaciones geofísicas arrojen resultados muy variables.

Se ha sugerido que muchas plumas contaminantes de hidrocarburos y sustancias químicas orgánicas cambian con el tiempo dada la variedad de procesos activos (Olhoeft, 1992; Benson & Stubben, 1995; Benson et al., 1997). A su vez Sauck et al., (1998) proponen la hipótesis que el hidrocarburo derramado (LNAPLs) en el medio físico cambia con el tiempo las propiedades eléctricas del mismo, el comportamiento cambia de eléctricamente resistivo a conductivo, debido a la variedad de procesos biogeoquímicos que se suceden.

Estas hipótesis han sido reforzadas por estudios geoquímicos en áreas contaminadas con hidrocarburos, los cuales indican presencia de una elevada conductividad en el agua subterránea por debajo de algunas plumas de LNAPLs (Baedecker et al., 1987; Cozzarelli et al., 1990; Baedecker et al., 1993; Bennett et al., 1993; Eganhouse et al., 1993).

Los cambios que pueden influenciar las mediciones de las señales geoelectricas podrían deberse a: (1) cambios en la porosidad de la zona vadosa debido a que los hidrocarburos desplazan y ocupan los espacios porosos, (2) desplazamiento del agua en la franja capilar, (3) el espesor, saturación y distribución del producto libre-residual por encima del nivel freático, (4) el espesor y distribución de la pluma en la parte superior del acuífero, (5) cambios en la química de los fluidos contenidos en los poros, debido a la degradación microbiana, (6) reacción entre los sólidos del acuífero y productos de la degradación microbiana.

3.2 Teoría de la Resistividad Eléctrica

Los materiales geológicos, como todos los otros materiales, tienen la propiedad de no conducir la corriente eléctrica (Fig. 2). Esta propiedad se conoce como resistividad eléctrica y para un cilindro sólido de longitud L se expresa como

$$\rho = \frac{VA}{IL} (\Omega m) \quad (3.1)$$

Donde ρ es la resistividad, V(voltios) la diferencia de potencial a través del material, A (L^2 ; m^2) es el área de la sección transversal, I (amperios) es la corriente transmitida y L (L; m) la longitud del material

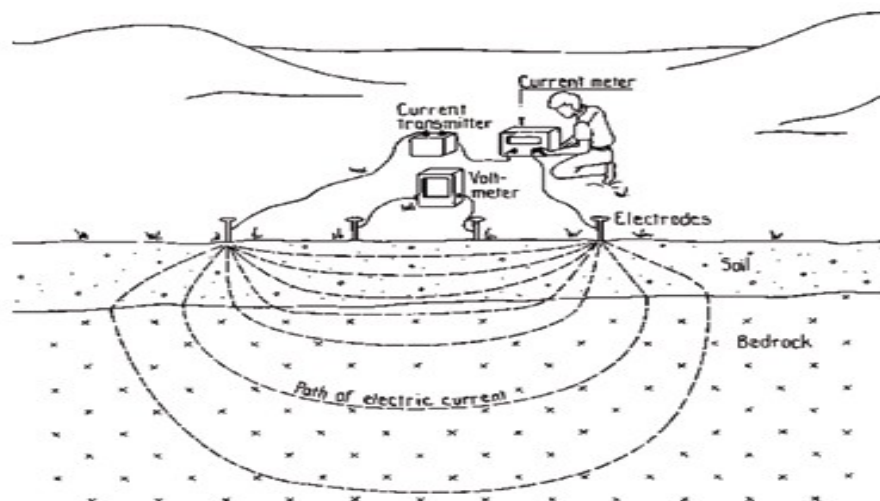


Fig. 2 Principios de la Resistividad Eléctrica, muestra como se inyecta corriente al subsuelo y los equipos necesarios para la medición (Tomado de Mendoza A., 2002)

Existen tres formas para que la corriente eléctrica pueda transmitirse a través de las rocas;

- a) por conducción electrolítica; esto ocurre por el movimiento relativamente lento de los iones dentro de un electrolito y dependerá del tipo de iones, la concentración y la movilidad iónica.
- b) por conducción electrónica; el proceso por el cual los metales, por ejemplo, permiten a los electrones moverse rápidamente y conducir la carga.
- c) por Conducción dieléctrica; ocurre en materiales débilmente conductores (o aislantes) cuando se les aplica una corriente alterna causando que los electrones del átomo cambien un poco respecto a su núcleo.

En algunas rocas la conducción principalmente ocurre por medio de los fluidos en los poros actuando como electrolitos con los granos minerales, contribuyendo un poco a la conductividad total de la roca (excepto donde esos granos son buenos conductores de electricidad).

La resistividad de las rocas y otros materiales geológicos tienen un amplio rango de valores. Las rocas ígneas generalmente son más resistivas que las rocas sedimentarias, mientras que las rocas metamórficas tienen valores altos de resistividad. La Tabla 1 presenta valores de resistividad para una selección de materiales geológicos.

Tabla No.1 Valores de Resistividad para materiales Geológicos seleccionados presentes en el área de estudio (tomado de Telford et al., 1990 Reynolds, 1997).

Material		ρ (Ωm)	
Andesita		4.5×10^4 (húmeda) - 1.7×10^2 (seca)	
Granito		$3 \times 10^2 - 10^6$	
Granito meteorizado		$3 \times 10 - 5 \times 10^2$	
Dacita		2×10^4 (humeda)	
Diorita		$10^4 - 10^2$	
Basalto		$10 - 1.3 \times 10^7$ (seco)	
Conglomerados		$2 \times 10^3 - 10^4$	
Arcilla		$1 - 10^2$	
Grava seca		1400	
Grava saturada		100	
Cuaternario/Arena reciente		50 - 100	
Lavas		$10^2 - 5 \times 10^4$	
Tobas		2×10^3 (húmeda) - 10^5 (seca)	
Agua Superficial (rocas Igneas		$0.1 - 3 \times 10^3$	
Agua Natural (rocas igneas)		0.5 - 150	

3.2.1 Principios de Medición

El método de resistividad utiliza una fuente artificial de corriente, la cual es introducida en el terreno a través de los electrodos. El procedimiento de campo es medir el potencial en diferentes puntos alrededor del flujo de corriente. Si la geometría de los electrodos de corriente y potencial tienen un arreglo conocido, se puede calcular la resistividad, cuando también se conocen el valor de la corriente y las medidas de potencial.

Para un levantamiento resistivo se han diseñado y utilizado una serie de arreglos de electrodos (Fig. 3), también llamados distribución o geometría. Los más populares son Wenner, Schlumberger, dipolo-dipolo, polo-dipolo y polo-polo.

Cada arreglo tiene sus ventajas y desventajas los cuales lo hacen más o menos adecuado para una investigación dada. Como los valores medidos de resistividad están íntimamente relacionadas con la geometría de los electrodos utilizada y los cambios en homogeneidad del suelo, estos no son valores promedios, pero sí de resistividad aparente.

3.2.2 Levantamiento de Resistividades Multi electrodos.

Para un mejor entendimiento de las formaciones geológicas usando el método de resistividades, se requiere una gran cantidad de datos. Esto se puede lograr usando el sistema multi electrodos. Existen diferentes marcas de estos sistemas disponibles en el mercado. Dahlin de la Universidad de Lund, Suecia en 1996 desarrolló el sistema ABEM Lund Imaging, el cual incrementa la recolección de datos, reduce el tiempo de trabajo de campo y da resultados de alta calidad. El sistema está basado en una combinación de perfiles eléctricos laterales (también llamados “Electrical Resistivity Traversing” ERT) y sondeos eléctricos verticales continuos, (“Continuous Vertical Electric Soundings” CVES). La recolección de datos se realiza usando una técnica llamada roll along (Fig. 3), donde los cables se mueven horizontalmente a lo largo de estaciones sucesivas.

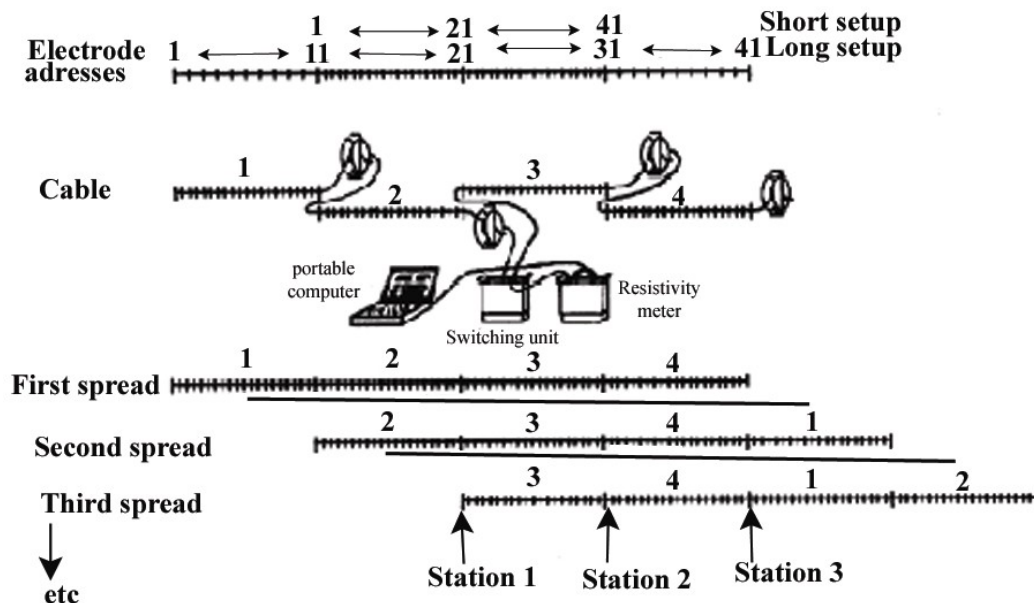


Fig. 3 Principio de la técnica Roll along donde se muestra el movimiento horizontal de los cables (tomado de Dahlin, 1996)

El método permite levantamientos geoelectrónicos de alta resolución en dos y tres dimensiones (2D, 3D) (Loke, 1997). Este sistema incluye 25 o más electrodos, cuatro cables –‘treintidos alambres en uno’-, un selector de electrodos, un terrámetro y una computadora ‘Husky’, como se muestra en la figura 4.

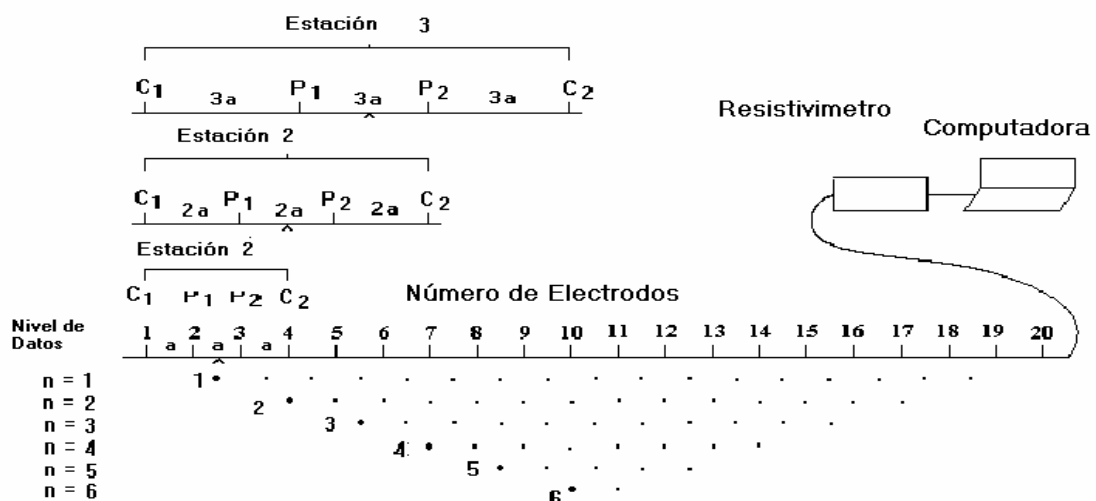


Fig. 4 Secuencia de Medidas para elaborar una Seudosección

El principio de medición con el método de las resistividades se explica en la “resistencia” que cada material tiene a transmitir la corriente eléctrica. Distintas rocas, suelos y sedimentos ofrecen distinto tipo de resistencia. Por lo tanto, al aplicar una determinada corriente, o una diferencia de potencial al subsuelo, se puede conocer la naturaleza de los materiales presente en el área de estudio.

Utilizando el arreglo del gradiente, se realizan todas las combinaciones posibles con un espaciamiento entre electrodos “a” equivalente a 2 metros. En la primera medición, se emplean los primeros 4 electrodos, siendo los electrodos 1 y 4 los encargados de enviar la corriente, los electrodos 2 y 3 sirven para la lectura de potencial. En la siguiente medición se utilizan los electrodos 2, 3, 4 y 5 siendo los electrodos 2 y 5 los electrodos de corriente y los electrodos 3 y 4 los de potencial, este proceso se continúa hasta que se emplean los últimos electrodos para la última medición con espaciamiento “a”. En la siguiente secuencia de mediciones se utiliza un espaciamiento de “2a”, la primera medición se realiza ahora con los electrodos 1, 3, 5 y 7, siendo esta vez los electrodos 1 y 7 de corriente, y 3 y 5 los electrodos de potencial. En la segunda medición se utilizan los electrodos 2, 4, 6 y 8, este proceso se repite para espaciamientos de “3a”, “4a”, “5a” y “6a”.

Para realizar el proceso de inversión se produce una curva de campo para cada sondeo a lo largo del arreglo e interpretado por métodos computarizados para producir un modelo geoelectrico de capas de resistividades verdaderas y espesores para cada curva. Cuando cada modelo se muestra adyacente a su vecino, se produce un panel de modelos, en la cual se pueden delimitar los horizontes de diferentes resistividades.

El método común para la representación cualitativa de los datos es el trazado de seudo secciones. Una seudo sección se elabora ploteando los datos en un diagrama, usando el eje X para la distancia a lo largo de la línea de estudio y el eje de profundidad para las separaciones entre electrodos (Dahlin, 1993).

La seudo sección representa una imagen aproximada de la distribución de resistividades en el subsuelo, es útil para presentar los valores medidos de resistividades aparentes y como una guía inicial para la interpretación cuantitativa adicional.

3.2.3 Exploración de agua subterránea

Los acuíferos compuestos por diferentes tipos de materiales permeables, semipermeables e impermeables pueden investigarse mediante el estudio de sus propiedades físicas. Las técnicas geofísicas ayudan a definir la extensión y el espesor de los depósitos y en algunos casos también se puede definir la calidad y el tipo de agua que estos almacenan (Mendoza, 2002).

Las propiedades resistivas de una formación esta en función de la geología y de la calidad del agua contenida en sus poros, entonces usando este contraste se puede entender lo que se encuentra en el subsuelo; por lo tanto es importante tomar en cuenta que las técnicas de resistividad dependen de estos contrastes de resistividad o conductividad eléctrica (Mendoza, 2002).

Las interpretaciones geofísicas deben describirse cuidadosamente, considerando que no siempre son únicas y que en algún momento pueden ser ambiguas, por consiguiente se debe auxiliar de otras ciencias como la geología y la geoquímica entre otras. Los métodos eléctricos pueden utilizarse para evaluar la vulnerabilidad del agua subterránea con el objetivo de mapear áreas susceptibles donde el contaminante puede rápidamente infiltrarse y alcanzar el acuífero (Gogu & Dessargues, 2000).

3.3. Transporte y Destino de los Contaminantes en el Subsuelo

Los contaminantes en el agua subterránea se mueven primariamente en la dirección horizontal determinada por el gradiente hidráulico. La concentración de los contaminantes disminuye por los procesos de dispersión (molecular e hidrodinámica), filtración, sorción, procesos químicos, degradación microbológica, tiempo de salida del contaminante y la distancia de viaje (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, US-EPA, 1985).

La dispersión hidrodinámica afecta a todos los contaminantes por igual, mientras que la sorción, los procesos químicos y la degradación pueden afectar a algunos contaminantes dependiendo de las diferentes velocidades. Los factores complejos que controlan el movimiento del contaminante en el agua subterránea y el comportamiento resultante de la pluma, son difíciles de evaluar, debido a la interacción de muchos factores que afectan la extensión y velocidad del mismo.

3.3.1 Procesos Físicos que Controlan el Transporte de Contaminantes en la Fase Acuosa en el subsuelo

i) Teoría de Advección-Dispersión: El estudio de los procesos de advección y dispersión es útil para predecir el tiempo cuando una acción límite sea alcanzada, permitiendo seleccionar técnicas precisas y tecnologías efectivas de remediación para acuíferos contaminados.

ii) Advección: Es el transporte de partículas sólidas disueltas viajando a la velocidad promedio del agua subterránea. El promedio de la velocidad lineal depende de: (1) La conductividad hidráulica de la formación hidrogeológica en la dirección del flujo, (2) La porosidad de la formación y (3) El gradiente hidráulico en la dirección del flujo. Para contaminantes de desechos que reaccionan por precipitación - disolución, adsorción, y/o partición dentro del medio acuífero, la velocidad puede ser diferente de la velocidad promedio del agua subterránea. Para el cálculo de la advección se aplica la Ley de Darcy:

$$V_x = K/n_e (dh/dl) ; \text{ donde} \quad (3.2)$$

K: es la conductividad hidráulica en $m^2/día$; n_e es la porosidad efectiva; dh/dl es el gradiente hidráulico. Entonces el flujo de masa debido a la advección es igual a

$$F_x = V_x n_e C \quad (3.3)$$

Donde V_x : es la velocidad lineal promedio; n_e es la porosidad efectiva y C la concentración del contaminante.

La ecuación de transporte advectivo en una dimensión es:

$$dC/dt = -V_x dC/dt \quad (3.4)$$

iii) Dispersión: La dispersión de los contaminantes en un acuífero causa la disminución en la concentración con el incremento de la longitud del flujo (EPA, 1985). La dispersión es causada por: (1) difusión molecular (importante solo a bajas velocidades) y (2) mezcla hidrodinámica (que ocurre a altas velocidades en un flujo laminar a través de un medio poroso). Los contaminantes que viajan a través de un medio poroso tienen diferentes velocidades y caminos de flujo de diferentes longitudes. Los que se mueven a lo largo de flujos de corto trayecto o a altas velocidades, por lo tanto, llegan a un punto específico más pronto que los contaminantes que siguen un camino más largo o que viajan a bajas velocidades, resultando en una dispersión hidrodinámica.

La figura 5 muestra que la dispersión puede ocurrir en ambas direcciones: longitudinal (en la dirección del flujo) y transversal (perpendicular a la dirección del flujo), resultando la formación de una pluma cónica corriente abajo a partir de una fuente continua de contaminación (EPA, 1985). La concentración de los contaminantes es menor en las márgenes de la pluma e incrementa en dirección de la fuente. Una pluma incrementará su tamaño con un flujo más rápido en un período de tiempo, porque la dispersión está directamente relacionada con la velocidad del agua subterránea. Así, el coeficiente de dispersión varía con la velocidad. A bajas velocidades es relativamente constante, pero incrementa linealmente con la velocidad del agua subterránea.

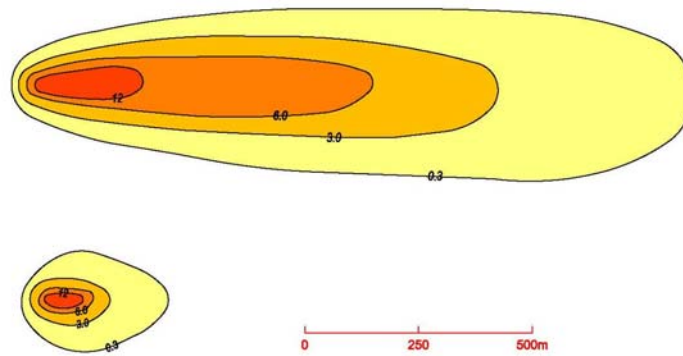


Fig. 5. Efectos de la velocidad del agua subterránea en la forma de la pluma. La velocidad de la pluma superior es aproximadamente 2 veces mayor que la de la pluma inferior.

Con frecuencia se confunde el término dispersividad con dispersión. La primera no incluye la velocidad, por tanto para convertir esta en dispersión se requiere multiplicarla por la velocidad. La dispersión depende de los parámetros de velocidad en un sitio específico y la configuración de los espacios porosos en el acuífero, el coeficiente de dispersión puede determinarse experimental o empíricamente para un acuífero específico. La selección de un coeficiente de dispersión apropiado que refleje adecuadamente las condiciones del acuífero es crítica para elegir el modelo de transporte químico (EPA, 1985).

En medios porosos, la difusión no ocurre tan rápido como lo hace en el agua debido a que los iones deben seguir los caminos más largos conforme fluyen alrededor de los diferentes granos minerales. Además la difusión se desarrolla solamente a través de los espacios vacíos conectados entre sí (porosidad efectiva), de otra manera, es inhibida. Para tomar en cuenta esta situación, debe usarse un coeficiente de difusión efectiva D^* .

El valor de D^* puede ser determinado a partir de la siguiente relación:

$$D^* = wD \quad (3.5)$$

Donde:

w es un coeficiente empírico determinado en experimentos de laboratorio. Para

especies químicas que no son adsorbidas en las superficies de los minerales, se ha determinado que w varía desde 0,5 hasta 0,01.

La difusión debe ser tomada en cuenta en formaciones cuya conductividad hidráulica es menor que 10^{-9} m/s, esto debido a que la tortuosidad y porosidad afectan el movimiento del agua subterránea dentro del medio poroso. Esto significa que en medios porosos con conductividades hidráulicas superiores, el agua tiene mayor capacidad de movimiento en los espacios abiertos conectados, por lo que la dispersión es el proceso de transporte predominante. La difusión es el mecanismo de transporte más importante en rocas formadas por granulometrías tamaño arcilla y en la matriz de rocas fracturadas.

iv) Ecuación de advección-Dispersión

La ecuación de Advección-Dispersión se usa para expresar el balance de masa de un contaminante en un acuífero, como un resultado de la dispersión, la advección y cambios en el almacenamiento. El balance de masas es una función del coeficiente de dispersión, la velocidad del agua subterránea, la concentración del contaminante, la distancia y el tiempo (Palmer & Johnson, 1989 a). Puede aplicarse la ecuación de advección-dispersión para describir el transporte tridimensional de un contaminante en un acuífero, usando tres coeficientes de dispersión, uno longitudinal y dos transversales. Matemáticamente la ecuación se presenta como sigue:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = v \frac{\partial C}{\partial x} + D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \frac{K_d \rho_b}{n} * \frac{\partial C}{\partial t} - R_{bio} + R_{NAPL} \quad (3.6)$$

Se han encontrado discrepancias entre los resultados de la ecuación y los experimentos de campo y laboratorio. Estas discrepancias se han atribuido a: (1) zonas de inmovilidad del agua dentro del acuífero, (2) procesos en la interfase sólido-solución, (3) exclusión de aniones y (4) difusión dentro y fuera de los agregados (Palmer & Jonhson, 1989 a).

En observaciones de campo utilizando trazadores, los valores de dispersitividad longitudinal son mucho más grandes que los de dispersitividad transversal (Palmer & Jonhson, 1989 a). La figura 6 muestra un monitoreo de campo tridimensional con esas observaciones identificando la longitud y el espesor de la pluma contaminante, (Kimmel & Braids, 1980; MacFarlane et al., 1983). Se infiere que el gran coeficiente de dispersión longitudinal resulta de la heterogeneidad del acuífero.

En un acuífero, con capas de sedimentos de diferentes conductividades hidráulicas, los contaminantes se mueven rápidamente a lo largo de las capas con mayor permeabilidad y más lentamente a lo largo de capas de baja permeabilidad (figura 7) (Palmer & Jonhson, 1989 a). Si se toman muestras de agua de pozos de monitoreo con rejillas en cada una de las capas, la concentración en la muestra es una integración de las concentraciones en cada capa.

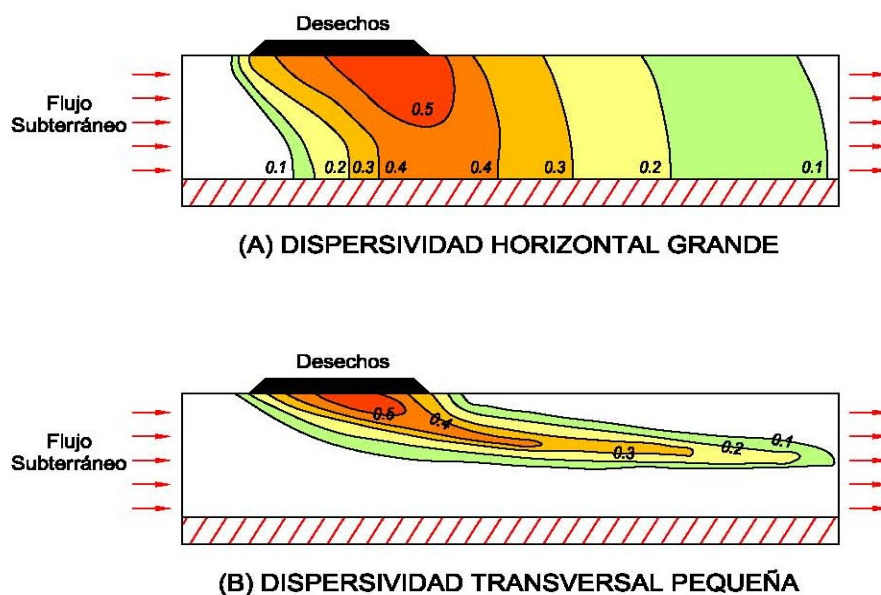


Fig. 6 Pluma Hipotética para (A) Dispersividad Grande y (B) Dispersividad Pequeña

Los resultados de plotear las concentraciones versus la distancia muestra una

curva con grandes diferencias en concentraciones, aunque solamente sea considerada la advección. Esta dispersión es el resultado de la heterogeneidad del acuífero y no de los procesos a escala de los poros. Sin embargo, definir las conductividades hidráulicas en el subsuelo es difícil, dado que no todas las formaciones geológicas están perfectamente estratificadas, pero pueden contener estratificación transversal o capas gradeadas. Para cuantificar la heterogeneidad en un acuífero, se considera que la conductividad hidráulica es aleatoria y se determinan las características estadísticas como la media, varianza y la función de correlación. Además de la heterogeneidad del acuífero, otros procesos que contribuyen a la distribución de los contaminantes incluyen: (1) divergencia en las líneas de flujo, resultando en la propagación del contaminante por advección sobre una gran sección transversal del acuífero, (2) variaciones temporales en el nivel freático resultando en cambios en la dirección del flujo y una distribución lateral del contaminante, y (3) variaciones en la concentración del contaminante desde la fuente resultando en una dispersión aparente en la dirección longitudinal (Frind & Hokkanen, 1987; Palmer & Jonhson 1989 a).

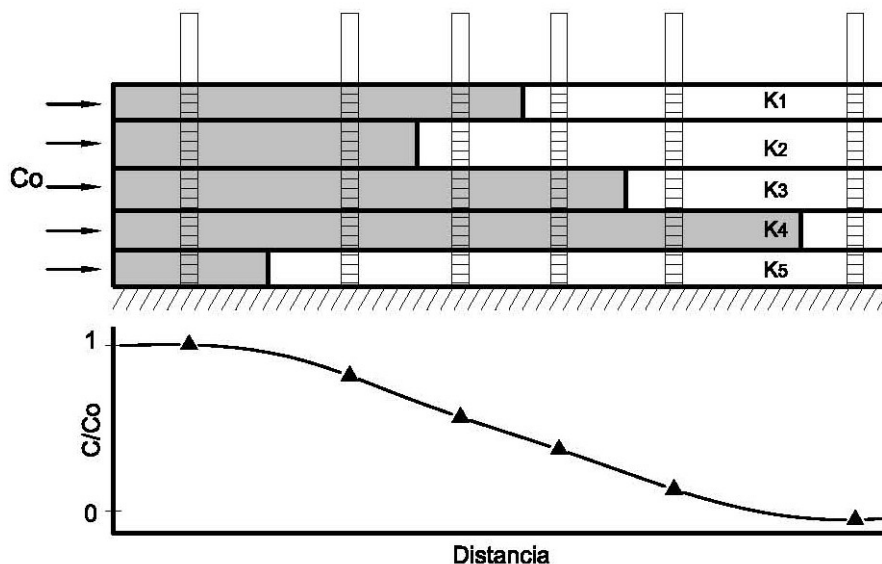


Fig. 7 Distribución y concentración del contaminante en un acuífero ideal estratificado (después de Gillham y Cherry, 1982; por Palmer & Jonhson, 1989 a)

3.3.2 Transporte Difusivo en Materiales de Baja Permeabilidad

En materiales con bajas conductividades hidráulicas (arcillas compactas y rocas con conductividades menores de 10 a 9 m/s), el transporte difusivo de los contaminantes es mayor que el transporte advectivo (Neuzil, 1986; Palmer & Johnson, 1989). Los contaminantes pueden difundirse en acuitardos naturales o capas de arcillas con bajas conductividades hidráulicas, resultando así en la contaminación del acuífero. La extensión del movimiento dependerá del flujo difusivo, la velocidad del flujo subterráneo en el acuífero y la distancia desde la fuente.

3.3.3 Efectos de la Densidad en el Transporte de Contaminantes

La densidad de una pluma contaminante puede contribuir en la dirección del transporte del soluto si es suficientemente grande la disolución de las concentraciones (Palmer & Johnson, 1989 a); por ejemplo, asumiendo que la densidad del agua en el acuífero es 1, el gradiente horizontal natural es 0.005 y el gradiente vertical natural es 0. Si la densidad de la pluma es igual a la densidad del agua subterránea, esta se moverá horizontalmente con el gradiente hidráulico natural. Si la densidad del agua contaminada es 1.005 (con una concentración aproximada de 7,000 mg/l de sólidos totales disueltos), entonces la fuerza de conducción en la dirección vertical es la misma que la fuerza de conducción en la dirección horizontal. Si el acuífero es isotrópico, entonces el vector resultante de esas dos fuerzas será 45 grados en el acuífero. La pluma contaminante se mueve hacia abajo dentro del acuífero y puede no ser detectada con un sistema de monitoreo somero instalado bajo la presunción de un flujo horizontal.

3.3.4

Retardación de los Contaminantes

Si los contaminantes sufren algunas reacciones químicas mientras se da el transporte hacia el acuífero, la velocidad del movimiento puede ser menor que la velocidad promedio del flujo (Palmer & Johnson 1989). Tales reacciones químicas a movimientos lentos del contaminante en el acuífero incluyen la precipitación, adsorción, intercambio iónico y partición dentro de la materia orgánica o dentro de los solventes orgánicos. Las reacciones químicas afectan el avance del contaminante como se muestra en la figura 8; si el factor de retardación $R = 1$ (calculado de la ecuación para el transporte de contaminantes que incluye la retardación), el soluto es no-reactivo y se mueve con el agua subterránea. Si $R \gg 1$, la velocidad promedio del soluto es menor que la velocidad del agua subterránea y se reduce la dispersión del soluto.

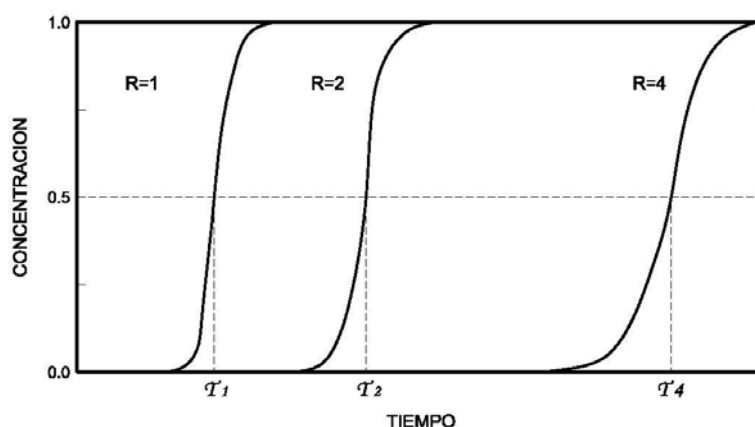


Fig. 8 Tiempo requerido para el movimiento del contaminante con diferentes Factores de Retardación

Los contaminantes con factor de retardación pequeño son transportados a grandes distancias en un tiempo dado, por tanto es más exacto estimar la masa total de contaminante que aquellos con un factor de retardación mayor.

3.3.5

Transporte a través de Medios Fracturados

Dado que las rocas fracturadas tienen porosidad primaria y secundaria, los modelos utilizados para describir el transporte de solutos en medios porosos, tales como depósitos aluviales recientes, no son apropiados en medios fracturados (Palmer & Johnson 1989 a). La porosidad primaria es el espacio entre los poros de las rocas, y la porosidad secundaria es el espacio poroso formado como resultado de las fracturas de las rocas.

Los mecanismos de transporte en medios no fracturados son la advección y la dispersión, igual que en un medio poroso (Fig. 9). Sin embargo en medios fracturados, los contaminantes son transportados solamente por advección a lo largo de las fracturas. La Dispersión en medios fracturados está dada por: (1) mezcla en la intersección de las fracturas, (2) variaciones en los espacios abiertos a todo lo ancho de la fractura, (3) difusión molecular en las micro fracturas penetrando las intra fracturas de los bloques y (4) difusión molecular en las intra fracturas en bloques de matriz porosa.

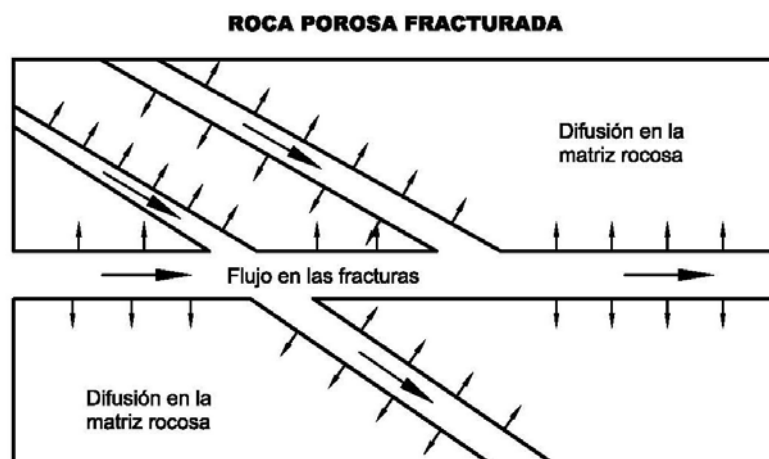


Fig. 9 Transporte en Rocas Fracturadas Porosas (tomado de Palmer & Johnson, 1989 a)

Para describir el transporte de un contaminante a través de un medio fracturado existen cuatro modelos generales: modelo continuo, modelo de fracturas discretas, modelo híbrido y modelo de canal (Palmer & Johnson, 1989 a).

En un modelo continuo, se ignoran las fracturas individuales y se considera que todo el medio actúa como un medio poroso. Los modelos continuos de porosidad primaria se aplican donde la porosidad del medio es solamente la porosidad de la fractura. Los modelos de porosidad superimpuesta son aplicables al medio en el cual existen la porosidad primaria y secundaria.

Los modelos de fracturas discretas describen el transporte en fracturas individuales. Dada la dificultad de obtener información de cada fractura en el medio, se requieren modelos estocásticos que utilizan información estadística de la distribución de las fracturas, como la orientación y el ancho para describir el flujo y transporte.

3.3.6 Transporte de Partículas a través de Medios Porosos

Además del transporte de solutos en medios porosos, es importante en las investigaciones de mecanismos de transporte de contaminantes, conocer el transporte de partículas (bacterias, virus, precipitados inorgánicos, materia orgánica, fibras de asbestos o arcilla). Las partículas pueden ser removidas de la solución por filtración superficial, percolación y procesos físico-químicos.

La efectividad de cada proceso depende del tamaño de las partículas específicas presentes (Palmer & Johnson, 1989 a). Si las partículas son más grandes que los poros de diámetro mayor, no pueden penetrar en el medio poroso y son filtradas hacia la superficie del medio. Si las partículas son mas pequeñas que los poros mas grandes, pero mas grandes que los poros mas pequeños, son transportadas a través de los canales porosos mas grandes, pero eventualmente encuentran un canal poroso de diámetro mas pequeño y son removidas por percolación. Si las partículas son más pequeñas que la abertura más pequeña entre poros, pueden ser transportadas largas distancias a través del medio poroso.

La velocidad a la cual las partículas se mueven en el medio poroso, depende de varios procesos físicos-químicos (Palmer & Johnson, 1989 a).

Las partículas pueden sufrir una colisión aleatoria con los granos de arena, y un porcentaje de ellas en esa colisión, se adhieren a la matriz sólida por intercepción. Las condiciones químicas pueden afectar el transporte de las partículas, por ejemplo, procesos como la formación de agregados debido a los cambios de pH, pueden cambiar las propiedades superficiales de las partículas. Esos agregados pueden ser percolados o filtrados hacia el agua. El movimiento de microorganismos a través de los materiales geológicos es limitado por varios procesos. Algunas bacterias son lo suficientemente grandes que se percolarán. Sin embargo los virus más pequeños que las bacterias, pueden pasar a través de los poros y pueden adsorberse al material geológico dado que su superficie está cargada. Los microorganismos, como constituyentes químicos, pueden ser transportados por difusión; o si son estimulados, se mueven como respuesta a los cambios en las condiciones ambientales y las concentraciones químicas.

3.4 Procesos Físicos que Controlan el Transporte de los Contaminantes de Fase Líquida No Acuosa (Non-Aqueous Phase Liquids, NAPLs).

Los compuestos líquidos no solubles en agua llamados NAPL (por sus siglas en inglés), son aquellos que no se disuelven en el agua y pueden existir como una fase fluida separada (Palmer & Johnson, 1989b en "Transport and fate of contaminant in subsurface", EPA, 1998). Los NAPL se dividen en dos clases: los menos densos que el agua (LNAPL) y los más densos que el agua (DNAPL).

Los LNAPLs incluyen los combustibles hidrocarburos, tales como la gasolina, aceite de calefacción, kerosene y gasolina de aviación. Los DNAPL incluyen los hidrocarburos clorinados como los 1,1,1 tricloroetanos, tetracloruro de carbono, clorofenoles, clorobencenos, tetracloroetileno y bifenilos policlorinados (PCBs).

Es importante subrayar, que los NAPL se mueven en el medio geológico desplazando el agua y el aire (Palmer & Johnson, 1989b). El agua es la fase acuosa relativa al aire y a los NAPL, con tendencia a alinearse en el borde de los poros cubriendo las partículas, desplazándose en el centro de los espacios porosos. Tanto el agua como los NAPL no ocupan completamente el espacio poroso, de tal manera que la permeabilidad del medio con respecto a esos fluidos es diferente que cuando estos espacios porosos son ocupados por una fase única. La permeabilidad depende de la naturaleza del medio y puede ser descrita en términos de permeabilidad relativa, por ejemplo la permeabilidad de una cierta fracción de espacio poroso ocupado por los NAPL comparada con la permeabilidad de un medio saturado con NAPL.

La figura 10 muestra la permeabilidad de un NAPL en un medio hipotético durante un flujo multifase. A 100% de saturación de agua, las permeabilidades del agua y NAPL son 1.0 y 0.0 respectivamente. Cuando la fracción del espacio poroso ocupado por NAPL incrementa, ocurre una disminución en la fracción de agua dentro de los espacios porosos. Como la fracción del agua decrece, la permeabilidad relativa con respecto a la fase acuosa decrece hasta cero.

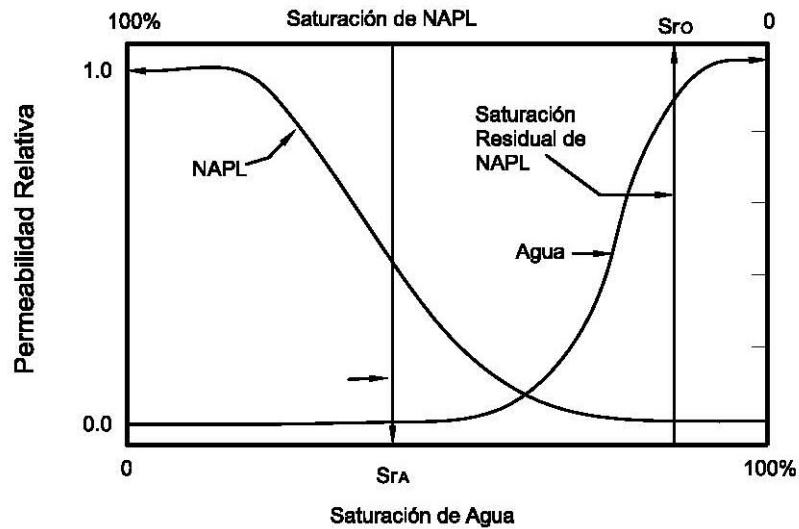


Fig. 10 Permeabilidad Relativa como una función de la Saturación (Tomado de Palmer & Jonhson 1989b)

3.4.1 Transporte de los LNAPL

Cuando una pequeña cantidad de LNAPL entra en la zona no saturada (zona vadosa o de aireación), el LNAPL fluye por la porción central de los poros no saturados hasta alcanzar la saturación residual (Fig. 11a.). En la zona vadosa se formará así un sistema de tres fases que consiste de agua, LNAPL y aire. El agua al infiltrarse, va disolviendo los componentes del LNAPL (p.ej., benceno, xileno y tolueno) transportándolos al nivel freático. Estos contaminantes disueltos forman una pluma de contaminación que se dispersa a partir del área de los productos residuales. Muchos componentes encontrados en los LNAPLs son volátiles y pueden distribuirse en la fase suelo-aire y ser transportados a otras partes del acuífero por difusión molecular. Una vez que los vapores difusos pasan a los suelos en áreas adyacentes, pueden distribuirse nuevamente en la fase acuosa ampliando la contaminación a otras áreas.

Si la superficie del suelo es relativamente impermeable los vapores no se difundirán a otros medios y las concentraciones del contaminante en el suelo, tenderán al equilibrio. Por el contrario, si la superficie es permeable, los vapores difusos escaparán a la atmósfera (Palmer y Johnson, 1989b).

Si se derraman grandes volúmenes de LNAPL (Fig. 11b), estos van a fluir por los espacios porosos hasta la franja capilar del nivel freático. Los componentes disueltos llegan antes que los menos solubles y pueden cambiar las propiedades del agua, causando una reducción en el contenido de agua residual y una disminución en el peso de la franja capilar (Palmer y Johnson, 1989b).

Debido a que los LNAPLs son más ligeros que el agua, pueden flotar en la parte superior de la franja capilar. Como la carga formada por la infiltración de LNAPL incrementa, el nivel freático se deprime acumulándose en la depresión. Si se remueve la fuente del derrame o este se detiene, los LNAPLs dentro de la zona vadosa continuarán fluyendo bajo la fuerza de la gravedad hasta alcanzar la saturación residual. Dado que estos compuestos siguen entrando en la depresión del nivel freático, se extienden lateralmente en la parte superior de la franja capilar (Fig. 11c). Si cesa el drenaje en la parte superior de la zona vadosa, se reduce la carga total en la interfase entre LNAPL y el agua subterránea, provocando una leve recuperación en el nivel freático. La recuperación de agua desplaza solamente una porción de LNAPL debido a que estos permanecen en la saturación residual. El agua subterránea que fluye por el área de saturación residual disuelve los constituyentes del LNAPL residual, formando una pluma contaminante. El agua infiltrada de la superficie también puede disolver el LNAPL residual y agregarse a la carga contaminante del acuífero (Palmer y Johnson, 1989b).

El descenso en el nivel freático por variaciones estacionales o por bombeo, permite que la depresión provocada por los LNAPLs descienda. Si el nivel freático incrementa nuevamente, parte del LNAPL puede ser suspendido, pero una porción permanece en la saturación residual bajo la nueva tabla de agua

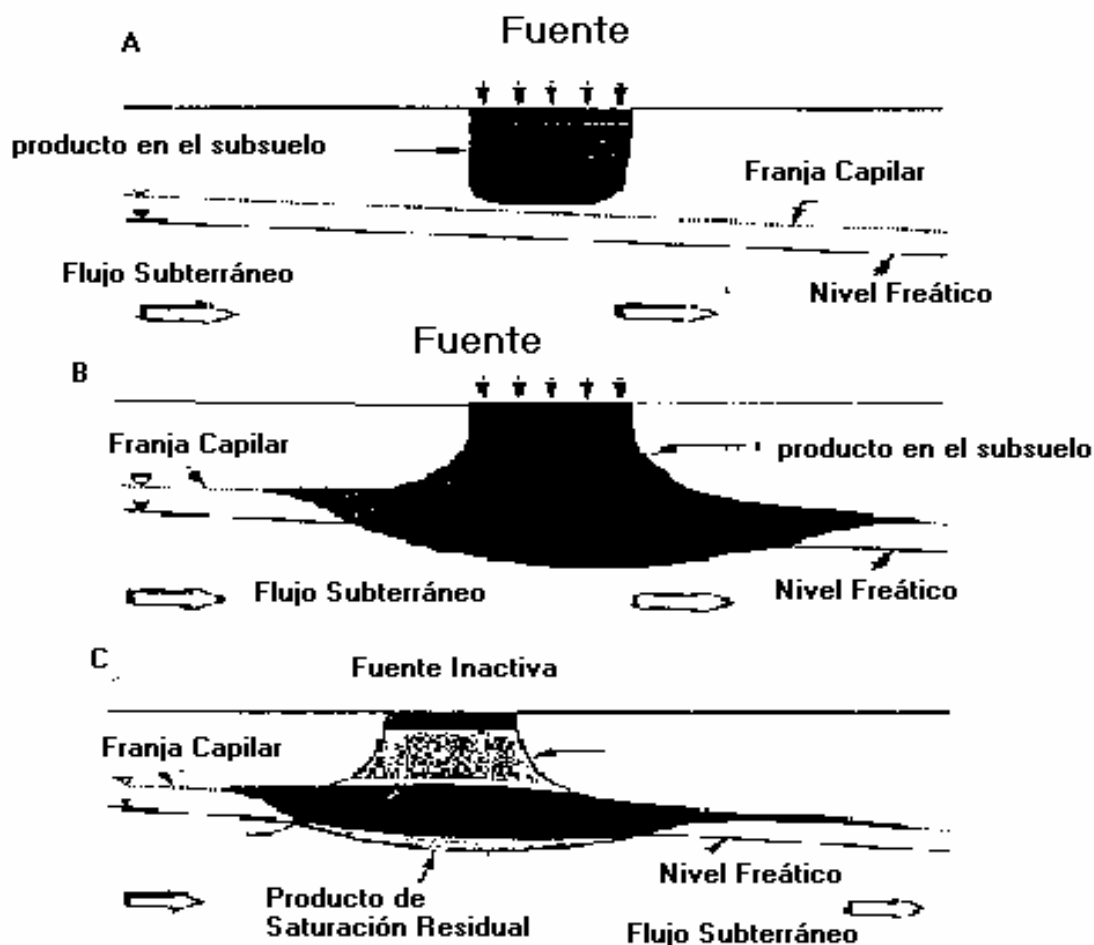


Fig. 11 Movimientos de LNAPL en el subsuelo: (A) Distribución de LNAPL después de un pequeño volumen que ha sido derramado; (B) Depresión de la franja capilar y del nivel freático; (C) Recuperación del nivel freático producto del drenaje de los LNAPL (Palmer & Johnson, 1989b)

3.5 Procesos Químicos que Controlan el Transporte de los Contaminantes

El transporte de los contaminantes en el subsuelo está controlado por interacciones complejas entre procesos físicos, químicos y biológicos. Las reacciones químicas pueden transformar un compuesto en otro, cambiar su estado u originar otro, de la combinación con un compuesto orgánico o con una sustancia inorgánica (Johnson y otros, 1989).

3.5.1 Sorción:

La sorción es probablemente el proceso químico más importante que afecta el transporte de los contaminantes orgánicos en el ambiente subterráneo. La sorción de un contaminante orgánico no polar es considerado un proceso de equilibrio-partición entre la fase acuosa y el medio poroso (Chiou y otros, 1979). Cuando la concentración del soluto es baja (o menor que la mitad de la solubilidad), la partición se describe usando la isoterma lineal de Freundlich, donde la concentración sorbida es una función de la concentración acuosa y el coeficiente de partición (K_p) (Karickhoff, 1984). K_p se mide en el laboratorio con un grupo de pruebas de equilibrio y los datos se grafican de la concentración en la fase acuosa versus la cantidad sorbida en la fase sólida (Fig. 12) (Chiou y otros, 1979).

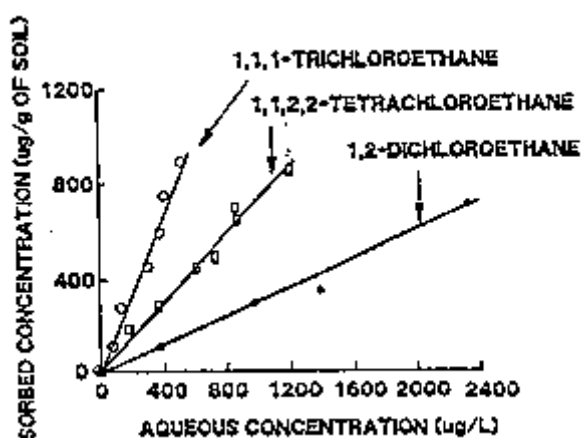


Fig. 12 . Datos de Equilibrio para 1,1,1-TC; 1,1,2,2-TeC y 1,2-DC (adaptado de Chiou y otros, 1979; por Johnson y otros, 1989)

Bajo condiciones de equilibrio-partición lineal, el proceso de sorción está representado en la ecuación de advección-dispersión como un factor de retardación "R"

$$R = 1 + (\rho_b / \eta_e) (K_{oc} * f_{oc}) \quad (3.7)$$

donde R es el factor de retardación; ρ_b es la densidad del material; η_e es la porosidad efectiva; K_{oc} es el coeficiente de partición carbono orgánico – agua; f_{oc} es la fracción del contenido de carbono orgánico.

El factor de retardación depende del coeficiente de partición, la densidad de los materiales del acuífero y la porosidad. El mecanismo primario de la sorción mecánica es la formación de un enlace hidrofóbico entre un contaminante y la materia orgánica natural asociada al acuífero. Por lo tanto, la sorción de una sustancia específica se puede estimar del contenido de carbono orgánico en los materiales del acuífero (f_{oc}) y una constante de proporcionalidad característica de la sustancia química (K_{oc}), si el contenido orgánico es suficientemente alto (por ejemplo, $f_{oc} > 0.001$) (Karickhoff, 1984). Los valores de K_{oc} de muchos compuestos no se conocen, por tanto se han desarrollado ecuaciones de correlación que permiten conocer las propiedades químicas tales como la solubilidad o el coeficiente de partición octanol-agua (Kenaga & Goring, 1980; Karickhoff, 1981, Schwarzenbach & Westall, 1981; Chiou y otros, 1982, 1983). Dentro de una clase de compuestos los valores de K_{oc} derivados de una expresión de correlación pueden dar un estimado de la sorción. Sin embargo, si la correlación se desarrolla cubriendo un amplio rango de compuestos, el error asociado con el uso de K_{oc} puede ser demasiado grande.

3.5.2 Hidrólisis: es un proceso de degradación abiótica importante en el agua subterránea para cierto tipo de compuestos; es la reacción directa de los compuestos disueltos con las moléculas de agua. La hidrólisis de compuestos clorinados que son resistentes a la biodegradación (Siegrist & McCarty, 1987), forman un alcohol o un alqueno.

Los datos para la hidrólisis se acometen como reacciones de primer orden, obteniéndose una constante de velocidad K . Esta constante multiplicada por la concentración del contaminante se agrega a la ecuación de advección-dispersión para contabilizar la hidrólisis del mismo (Palmer & Jonson, 1989).

3.5.3 Volatilización y Disolución: Dos importantes trayectorias para el movimiento de los compuestos orgánicos volátiles en el subsuelo son la

volatilización en la zona no saturada y la disolución en el agua subterránea. Los compuestos en la fase acuosa y de vapor son más sensibles a la degradación. El grado de volatilización de un contaminante se determina por (1) el área de contacto entre el área contaminada y la zona no saturada, la cual es afectada por la naturaleza del medio (tamaño del grano, profundidad del agua, contenido de agua) y el contaminante (tensión superficial y densidad); (2) la presión de vapor de los contaminantes y (3) la velocidad a la cual el compuesto se difunde en el subsuelo.

La saturación residual restante cuando un líquido inmiscible se mueve hacia abajo a través del medio poroso no saturado, permite un área superficial relativamente grande por volatilización (Johnson y otros, 1989). El movimiento de vapor fuera de la saturación residual es controlado por la difusión molecular, la que a su vez es afectada por la tortuosidad del medio a través del cual el vapor se mueve. La tortuosidad también es afectada por la porosidad del medio lleno de aire, de manera que la difusión se reduce en el medio poroso con un alto contenido de agua.

La difusión se reduce por la partición de los vapores fuera de la fase gaseosa y dentro de las fases sólida o acuosa (Johnson y otros, 1989). El factor de retardación desarrollado para la partición entre las fases sólida y acuosa puede modificarse con un termino que describa la partición entre las fases de vapor y acuosa.

Cuando un líquido inmiscible alcanza la franja capilar, su movimiento futuro estará determinado por la densidad de ese líquido relativo al agua, por tanto la charca de LNAPL permanecerá en la superficie del nivel freático. Esta charca flotante puede dar un área superficial sustancial para la volatilización y la transferencia de masa de los contaminantes orgánicos dentro de la fase de vapor que estará controlada por la difusión.

3.6 Procesos Biológicos que Controlan el Transporte de Contaminantes

Históricamente se pensaba que el agua subterránea era una fuente de agua segura, dado que había protección por microorganismos filtrantes metabólicamente diversos en el suelo de la zona radicular, que convierte los contaminantes orgánicos en productos finales inocuos (Suflita, 1989). Los acuíferos se consideraban como ambientes abióticos, basados en estudios que mostraron que el número microbiano decrece con la profundidad del suelo y eso ha indicado que la mayoría de microorganismos se adhieren a las partículas de suelo (Balkwill y otros, 1977); asimismo, estimando el tiempo requerido para que el agua de la superficie penetre verticalmente las formaciones subterráneas, los investigadores pensaban que los microorganismos que viajaban con el agua utilizarían los nutrientes disponibles y morir rápidamente. Por lo tanto, desde que los acuíferos fueron considerados estériles, no pueden ser remediados si están contaminados con contaminantes orgánicos. No obstante investigaciones microscópicas, de cultivo, metabólicas y bioquímicas usando materiales infectados obtenidos del acuífero, han mostrado que existen un alto número de organismos procariotas y eucariotas metabólicamente diversos, presentes en el ambiente subterráneo (Suflita, 1989 a).

3.6.1. Evidencia de Microorganismos en el Subsuelo

En muchas investigaciones microbiológicas se han detectado un alto número de microorganismos (más de 50×10^6 células totales/mL) en acuíferos contaminados y no contaminados, a varias profundidades y de composición geológica diferente (Suflita, 1989). Las formaciones geológicas estratificadas pueden ser un hábitat adecuado para los microorganismos (Kuznetsov y otros, 1963; Updegraff, 1982). Estos microorganismos que se han detectado en el subsuelo son pequeños, capaces de responder a la adición de nutrientes y están inicialmente adheridos a la superficie sólida. Los organismos eucariotas también están presentes en el subsuelo pero en menor número y probablemente son de menor significancia ya que existen como una estructura inerte agregada (Suflita, 1989 a). La actividad

microbiana también ha sido estudiada y se identificaron varios procesos metabólicos en el ambiente subterráneo: 1) biodegradación de contaminantes orgánicos incluyendo hidrocarburos, alquilpiridinas, creosota, productos de gasificación de carbón, efluentes de aguas residuales, compuestos orgánicos halogenados, nitriloacetato (NTA) y plaguicidas; 2) nitrificación; 3) desnitrificación; 4) oxidación y reducción de sulfuros; 5) oxidación y reducción de hierro; 6) oxidación de manganeso y 7) metanogénesis (Suflita 1989 a). Estos procesos metabólicos incluyen transformaciones aeróbicas y anaeróbicas de carbón, muchas de las cuales son importantes en la biodegradación en acuíferos contaminados.

Si entra materia orgánica descompuesta a un acuífero oxigenado (Fig.13) el metabolismo microbiano probablemente degradará el sustrato contaminado; por ejemplo, los microorganismos endémicos utilizan el contaminante como un electrón donador para la respiración microbiana heterotrófica (Suflita, 1989 a). Los microorganismos dentro del acuífero utilizan el oxígeno como un co-sustrato y como un electrón aceptor para sostener su respiración. Esta demanda hace que el oxígeno disminuya y crear condiciones anaeróbicas. Cuando el oxígeno es limitado, la respiración aeróbica es baja y otros microorganismos se activan y continúan la degradación de los contaminantes orgánicos. Bajo condiciones de anoxia, las bacterias anaeróbicas usan los químicos orgánicos de ciertos aniones inorgánicos como electrones aceptores alternativos.

El nitrato en el agua subterránea no disminuye hasta que el oxígeno es utilizado completamente, sin embargo la materia orgánica es metabolizada, pero en lugar del oxígeno, el nitrato pasa a ser el electrón aceptor terminal durante la desnitrificación. Asimismo, si el nitrato es limitante, el sulfato pasa a ser el electrón aceptor terminal, cuando esto ocurre, el sulfuro de hidrógeno puede ser detectado en el agua subterránea como un producto metabólico final. Cuando existen condiciones reductoras muy altas en el acuífero, el dióxido de carbono es el electrón aceptor y se forma metano. Algunas veces en un acuífero puede ocurrir una separación espacial de los procesos metabólicos dominantes, dependiendo de la disponibilidad de los electrones aceptores, la

presencia de microorganismos adecuados y la energía beneficiosa para los procesos metabólicos de comunidades microbianas específicas. Como la materia orgánica es transportada en una pluma contaminante, pueden establecerse una serie de zonas redox que van de condiciones altamente oxidadas a condiciones altamente reducidas.

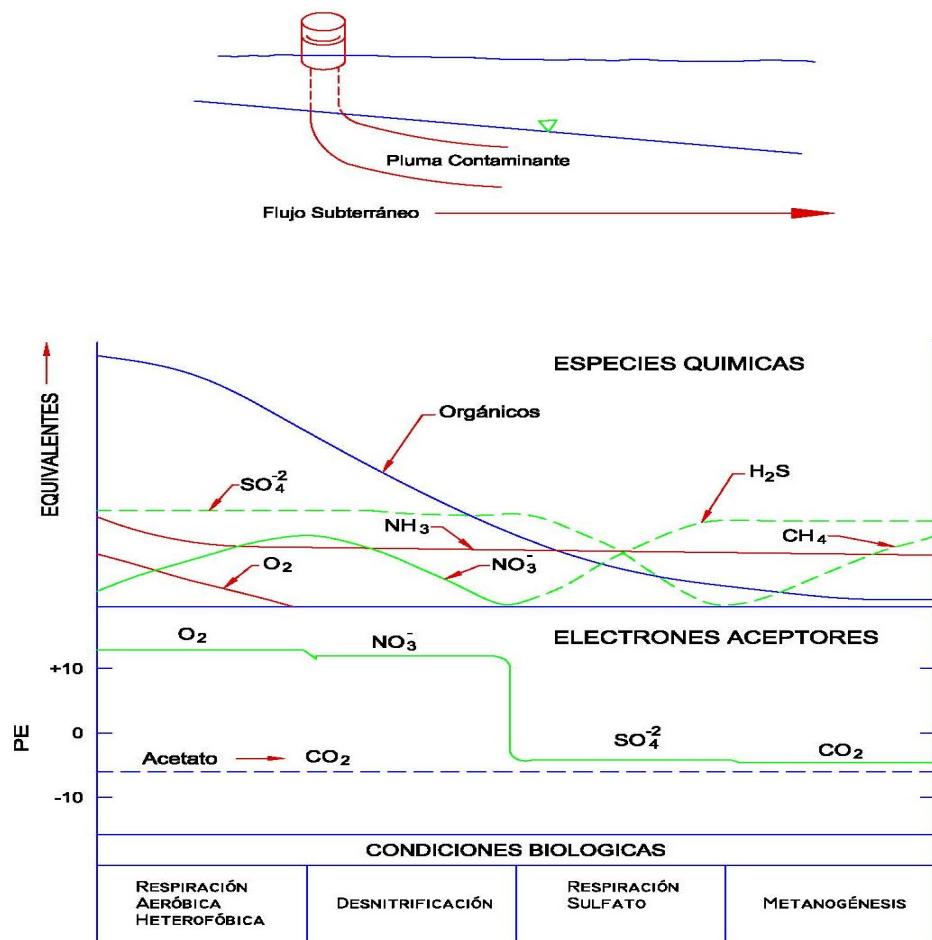


Fig. 13 Cambios Microbianos en las Especies Químicas, Condiciones Redox y Regiones Espaciales Favoreciendo los Diferentes Tipos de Procesos Metabólicos a lo largo del Flujo de una Pluma Contaminante (adaptado de Bouwer & McCarty, por Suflita, 1989 a).

3.6.2. Factores ambientales que afectan la Biodegradación

Los microorganismos necesitan un ambiente físico y químico adecuado para crecer y metabolizar activamente los contaminantes orgánicos (Suflita, 1989a). Temperaturas extremas, pH, salinidad, presión osmótica o hidrostática, radiación, limitaciones de agua, concentración del contaminante y/o la presencia de metales tóxicos y otros materiales tóxicos pueden limitar la tasa de crecimiento microbiano y la utilización del sustrato. A menudo dos o más factores ambientales interactúan para limitar los procesos de descomposición microbiana. Algunos factores ambientales críticos se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Factores Ambientales Críticos que Limitan los Procesos de Descomposición Microbiana

Factor Ambiental	Niveles Optimos
Agua disponible en el suelo	25-85% de capacidad de almacenamiento de agua 0.01 MPa
Oxígeno	Metabolismo Aeróbico: concentraciones > 0.2 mg/l de oxígeno disuelto, espacios porosos llenos de aire de 10% por volumen. Metabolismo Anaeróbico: concentraciones de oxígeno menos de 1% por volumen
Potencial Redox	Aeróbicos y Facultativos Aeróbicos: Más de 50 mV Anaeróbicos: Menos de 50 mV
pH	Valores de pH de 5.5 - 8.5
Nutrientes	Suficiente Nitrógeno, fósforo y otros nutrientes que no limite el crecimiento microbial (ratio de 120:10:1)
Temperatura	15 - 45°C (Mesófilos)

3.6.3 Factores Fisiológicos que afectan la Biodegradación

Los factores fisiológicos microbianos también influyen en la biodegradación de los contaminantes orgánicos (Suflita, 1989 a). El suministro de carbón y la energía contenida en estos contaminantes deben ser suficientes para el crecimiento microbiano heterotrófico. Las concentraciones elevadas de sustrato pueden limitar el metabolismo microbiano dada la toxicidad de éste para los microorganismos. Si las concentraciones son muy bajas, la respuesta microbiana puede ser inhibida, o el sustrato no es adecuado para el crecimiento. El crecimiento y el metabolismo de los microorganismos pueden ser estimulados por una provisión de un sustrato de carbón primario no tóxico para que la velocidad y extensión de la degradación del contaminante pueda incrementarse (McCarty & otros, 1981; 1984; 1985).

Un contaminante será pobremente metabolizado si es incapaz de entrar en las células microbianas y lograr acceso a las enzimas metabólicas intracelulares, lo que puede ocurrir con compuestos con un peso molecular grande (Suflita, 1989 a). Las reacciones bioquímicas iniciales pueden dar como resultado metabolitos que tienden a inhibir la degradación de la molécula madre.

3.6.4 Factores Químicos del Contaminante que Afectan la Biodegradación:

Uno de los más importantes factores que afectan la biodegradación de un contaminante en los acuíferos es la estructura del mismo, lo que determina su estado físico (solubilidad, sorción, etc) y su tendencia a ser degradado (Suflita, 1989 a). Los contaminantes pueden tener enlaces químicos que tienden a favorecer o impedir la degradación microbiana.

Para algunas moléculas con características inusuales en su estructura y que no se encuentran con frecuencia en el ambiente, la biodegradación es menos probable; por lo tanto, los compuestos xenobióticos persisten en el ambiente natural, dado que los microorganismos no desarrollan vías metabólicas necesarias para degradar dichos compuestos. No obstante los microorganismos son nutricionalmente versátiles, tienen el potencial para

crecer rápidamente y poseer solamente una copia simple de ADN, así que cualquier mutación genética o recombinación se expresa inmediatamente. Otras especies de microorganismos pueden formarse y crecer si la alteración es de adaptación significativa.

3.7 Contaminación del Suelo y Agua Subterránea por BTEX

Los BTEX son uno de los grupos principales de los compuestos orgánicos solubles que se encuentran en el suelo y en el agua subterránea. La fuente más común para la contaminación por BTEX son los derrames de productos de petróleo tales como la gasolina, diesel, lubricantes y aceites producto de filtraciones de los tanques de almacenamiento. Debido a sus características de polaridad y solubilidad, los BTEX son capaces de entrar en el suelo y en el agua subterránea y causar serios problemas de contaminación (Christensen & Elton, 1996).

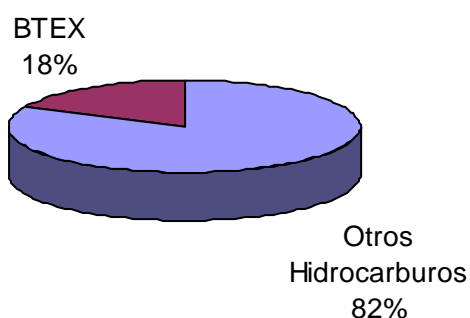
El grupo de contaminantes BTEX consiste de Benceno, Tolueno, Etilbenceno y tres isómeros de Xileno (m, p y o-Xileno). Estas sustancias orgánicas representan un porcentaje significativo de los productos derivados de petróleo. La razón por la que son considerados un serio problema es porque todos ellos tienen efectos tóxicos agudos y crónicos, además se conoce que el Benceno es cancerígeno (Christensen & Elton, 1996).

El propósito de este apartado es brindar un entendimiento de los contaminantes BTEX. Además dar respuesta a las siguientes preguntas: Cómo sus características determinan su habilidad para moverse a través de los sistemas de aguas subterráneas, por qué son un riesgo para la salud, y cómo pueden removerse del agua subterránea.

3.7.1 Hidrocarburos que componen la Gasolina

La gasolina es uno de los contribuyentes más frecuentes de contaminación por BTEX; está compuesta de varios hidrocarburos, cuyos principales componentes son: alcanos, monocicloalcanos, dicicloalcanos, alquilbencenos, indanos, naftalenos y algunos alcoholes aditivos oxigenados. Los BTEX están compuestos por alquilbencenos y representan alrededor del 18% en peso en la mezcla de la gasolina estándar (Fargo, 1993) (ver diagrama).

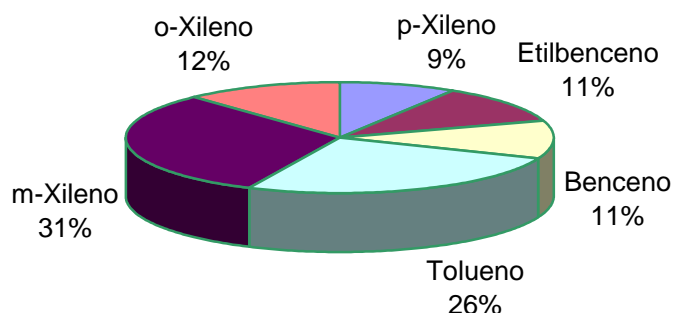
**Porcentaje de BTEX en la gasolina
(% en peso)**



Fuente: tomado de Christensen & Elton, 1996 en Soil and Groundwater Pollution from BTEX

Es importante mencionar que la composición de la gasolina puede variar mucho dependiendo del refinador, del proceso de refinamiento y el tiempo de producción. De los diferentes compuestos que estructuran la gasolina los BTEX es el grupo más grande que se ha relacionado a efectos adversos en la salud. El naftaleno que también afecta la salud, solamente representa el 1% de la gasolina (Fargo, 1993). Los BTEX pueden fraccionarse como se muestra en el diagrama

Componentes BTEX de la Gasolina (% en peso)



Fuente: tomado de Christensen & Elton, 1996 en *Soil and Groundwater Pollution from BTEX*

3.7.2 Transporte y Destino de los Contaminantes BTEX

La presencia de BTEX en el suelo y en aguas subterráneas y la capacidad de remediación son afectadas por la volatilización, disolución, sorción y la biodegradación por microorganismos; por tanto la liberación de estos al medio ambiente estará influenciada por sus mecanismos de destino y transporte (Christensen & Elton, 1996).

La volatilización afecta las concentraciones iniciales de los BTEX. Cuando ha habido un derrame de gasolina, lo primero que ocurre en el sitio contaminado es que parte de la gasolina se volatiliza dado su alta solubilidad, el bajo peso molecular relativo y la alta presión de vapor (Bedient, 1994). Observando estas características, el benceno es el compuesto que se volatiliza más rápido. Debido a la volatilización la gasolina comienza a disolverse en el agua subterránea (Bedient, 1994).

Comparado con otros componentes principales de la gasolina, tales como los alifáticos, los BTEX son muy solubles, y la solubilidad de sus diferentes componentes tendrán un gran efecto debido a las concentraciones que

aparecerán en el agua subterránea. Cuando la gasolina se disuelve en la fase acuosa, es capaz de moverse con el agua subterránea (Christensen & Elton, 1996).

Los BTEX no son sorbidos tan fuertemente como los componentes alifáticos (diferentes alcanos) y es más probable que contaminen grandes volúmenes de agua. La sorción es un factor determinante en el movimiento del contaminante dentro del flujo de agua subterránea. Si se está tratando un área pequeña contaminada con gasolina la sorción podría ser favorable para atrapar el contaminante, remediar y evitar la propagación del contaminante; en este caso es razonablemente fácil desenterrar y remover el suelo contaminado. Por el contrario, si se trata de un área grande, la sorción no es tan favorable, porque es más difícil remover una cantidad mucho más grande de suelo para dar un ligero tratamiento al contaminante no sorbido con técnicas disponibles de biodegradación (Christensen & Elton, 1996).

La flora bacteriana en el suelo tiene la habilidad de degradar a los BTEX aeróbicamente. Esta degradación reducirá la concentración en el suelo y agua subterránea. Las técnicas de degradación son algunas veces recomendadas como un medio natural de remediación, llamada bioremediación intrínseca. Esto se puede lograr agregando nutrientes y oxígeno para aumentar el proceso de degradación (Christensen & Elton, 1996) .

Así los mecanismos de destino y transporte están en dependencia de las características de los contaminantes, los cuales varían dentro del grupo de los BTEX. En general los procesos de volatilización, disolución y degradación determinan las concentraciones de los BTEX; y la sorción y disolución determinan el transporte en el suelo y el agua subterránea (Christensen & Elton, 1996) (Fig.14).

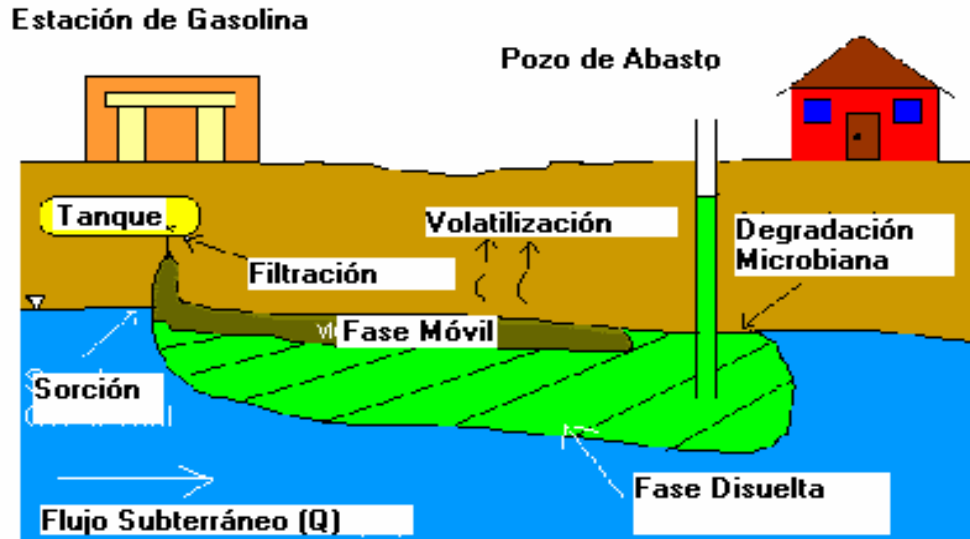


Fig 14. Relación de los diferentes procesos relacionados al suelo y al agua subterránea.

3.7.3 Características y Propiedades de los Contaminantes

La tabla 3 resume las características de los componentes analizados cuyas propiedades se describen a continuación (EPA, 1996; Christensen & Elton, 1996; Apello & Postma, 1999):

a) *Peso Molecular:* se expresa en g mol^{-1} y generalmente entre más alto es el peso molecular el compuesto es menos soluble en agua. El peso molecular también tiene efectos en la densidad del mismo.

b) *Solubilidad en Agua:* es la medida de máxima concentración (en mg l^{-1}) de una sustancia química para disolverse en agua pura a una temperatura específica.

c) *Polaridad:* está asociada a la carga del compuesto. La polaridad resulta de la existencia de una carga ligeramente negativa en una parte del compuesto y una carga ligeramente positiva en otra, lo que origina un dipolo. El agua por ejemplo es considerada un dipolo por esta contraposición de cargas positivas y negativas. Los compuestos polares tienen afinidad con los líquidos, mientras que los no polares

son hidrofóbicos; en este sentido, no se unen con las moléculas de agua, y es más probable que se adsorban a la porción orgánica del suelo o tienden a volatilizarse. El benceno es no-polar dado que tiene una carga neutra y aunque no es tan polar como los otros contaminantes del grupo de los BTEX, tiene la habilidad de disolverse en el agua.

d) Densidad Específica: es la relación entre la densidad del componente y la densidad del agua. La densidad es medida como la masa seca por unidad de volumen (kg m^3). La densidad tiene efectos en la habilidad del compuesto orgánico para flotar en el agua.

e) Coeficiente de Partición Octanol-agua (K_{ow}): es el cociente entre la concentración de una sustancia disuelta en un sistema de dos-fases en equilibrio. Cuando una sustancia química se mezcla en una solución de octanol y agua, permite que el sistema alcance el equilibrio. Las dos fases se distribuyen y se establece una relación entre la concentración de la sustancia química en la fase octanol y la fase agua. Este cociente da una relación de la acumulación de la sustancia química en el agua. Los compuestos más polares tendrán un bajo K_{ow} , El K_{ow} también establece una medida de la hidrofobicidad de un compuesto orgánico. Entre más hidrofóbico es el contaminante más se adsorbe al suelo y más baja es su solubilidad en agua.

f) Presión de Vapor: es la presión de gas en equilibrio con respecto a un líquido o sólido a una temperatura dada. Representa la tendencia de una sustancia química a evaporarse y es esencialmente la solubilidad de un solvente orgánico en un gas. Una alta presión de vapor significa que el compuesto es más probable que se volatilice fuera de una solución.



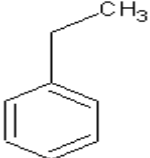
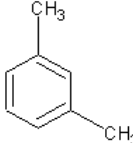
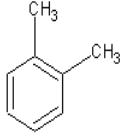
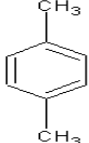
g) Constante de Henry (Ley de Henry): es la propiedad de una sustancia relativa a su partición entre las fases aire – agua. Predice el comportamiento del compuesto en el medio ambiente y en procedimientos de remediación tales como procesos de aireación. Estos valores también describen el movimiento de

una sustancia del agua hacia el aire y viceversa. Valores grandes de esta constante significan que la sustancia se moverá hacia la fase gaseosa, de lo contrario permanecerá en la fase acuosa.

h) Biodegradabilidad: todas las sustancias orgánicas sufren una biodegradación aeróbica y anaeróbica por microorganismos. La biodegradación en el ambiente subterráneo (suelo y agua subterránea) es importante para determinar el destino de los contaminantes BTEX.

i) Nivel Máximo Contaminante: Es utilizado para regular los niveles de BTEX en agua potable. Estos niveles fueron establecidos por la EPA, para prevenir efectos en la salud. Los niveles específicos están determinados por el análisis de estos compuestos en animales en experimentos de laboratorio y un factor de seguridad impuesto (Symons, 1992).

Tabla No. 3 Características de los Compuestos Benceno, Tolueno, Etilbenceno y 3 Isómeros de Xilenos (modificada de Christensen & Elton, 1996).

Compuesto	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	m-Xileno	o-Xileno	p-Xileno
Estructura Química						
Formula Química	C ₆ H ₆	C ₇ H ₈	C ₈ H ₁₀	C ₈ H ₁₀	C ₈ H ₁₀	C ₈ H ₁₀
Peso Molecular (g mol ⁻¹)	78	92	106	106	106	106
Solubilidad en agua (mg l ⁻¹)	1700	515	152	-	175	198
Presión de Vapor a 20°C (mm Hg)	95.2	28.4	9.5	-	6.6	-
Densidad Específica a 20°C	0.8787	0.8669	0.8670	0.8642	0.8802	0.8610
Kow a 20°C (log Kow)	2.13	2.69	3.15	3.20	2.77	3.15
Constante de Henry a 25°C (kPa*m ³ /mol)	0.55	0.67	0.80	0.70	0.50	0.71
Polaridad	No polar	No polar	No polar	No polar	No polar	No polar
Biodegradabilidad.	Aeróbica	Anaeróbica/Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica	Aeróbica
Nivel Máximo Contaminante (MCL) (mg l ⁻¹)	0,005	1	0,7	10*	10*	10*

*La Agencia de Protección Medioambiental (EPA) ha definido un MCL para Xileno total de 10mg/l (National Primary Drinking Water, 1994).

3.7.4 Efectos de los BTEX en la Salud

La exposición a los BTEX puede ocurrir por ingestión (agua contaminada), inhalación (exposición a los BTEX presentes en el aire) o por absorción a través de la piel. La inhalación puede darse mientras se bombea gasolina o ducharse con agua contaminada. La absorción puede ocurrir por derrame de gasolina en la piel o por ducharse con agua contaminada. La exposición aguda a altos niveles de gasolina y sus componentes BTEX se han asociado con irritación de la piel y sensorial, depresión del sistema nervioso central y efectos en el sistema respiratorio (Anders, 1996, en "Soil and Groundwater Pollution from BTEX"). Es mucho más probable alcanzar esos niveles por exposición ocupacional, que por consumo de agua contaminada. La exposición prolongada de estos compuestos tiene un efecto similar en los riñones, hígado y el sistema arterial (Anders, 1996).

De acuerdo a la EPA (2002), hay suficientes evidencias de estudios en humanos y animales para creer que el benceno es cancerígeno. Estudios realizados en trabajadores expuestos a altos niveles de benceno, arrojaron una alta incidencia de leucemia. La EPA (2002) ha establecido niveles permisibles de estos contaminantes en el agua de consumo humano llamados Niveles Máximos Contaminantes (Maximum Contaminant Levels, MCLs), usando criterios conservadores para asegurar una adecuada protección al público (Health Effects Information, 1999).

En el caso de conocer o sospechar sustancias cancerígenas, el MCL se calcula, basado en el supuesto que el peso promedio de los adultos es 154 lbs. (70 Kg), consume 2 litros de agua por día durante una vida media de 70 años. El MCL es fijado con ese tiempo de exposición a una concentración máxima que resultaría en no más del 1% (dependiendo de la sustancia química) de casos extremos de cáncer por millón de personas expuestas (EPA, 2002).

IV. CARACTERIZACION DEL ENTORNO FISICO DEL AREA DE MANAGUA

4.1 Geología General

Nicaragua yace dentro del Círculo de Fuego, cuya característica principal es la ocurrencia de una intensa actividad sísmica y volcánica alrededor del Océano Pacífico, por lo que también se le conoce como Cinturón Circum Pacífico (Martínez, et al., 1992).

En la dinámica actual, los rasgos geológicos activos más característicos en Nicaragua se dan a lo largo de la Fosa Mesoamericana y de la Costa del Pacífico, sugiriendo un fuerte vínculo genético con el proceso de subducción de la Placa de Cocos por debajo de la Placa del Caribe (Fig.15) (Martínez, et al., 1992).

La estructura geológica regional activa predominante en Nicaragua, es una gran zona de ruptura conocida como “Depresión de Nicaragua”. La depresión es un nuevo terreno geológico de naturaleza de corteza oceánica; su emplazamiento está ligado al cambio de inclinación de la Placa de Cocos en subducción causado por la subducción de la dorsal de Cocos a partir del Mioceno Medio al Tardío (20 a 15 millones de años atrás) (Martínez, et al., 1992).

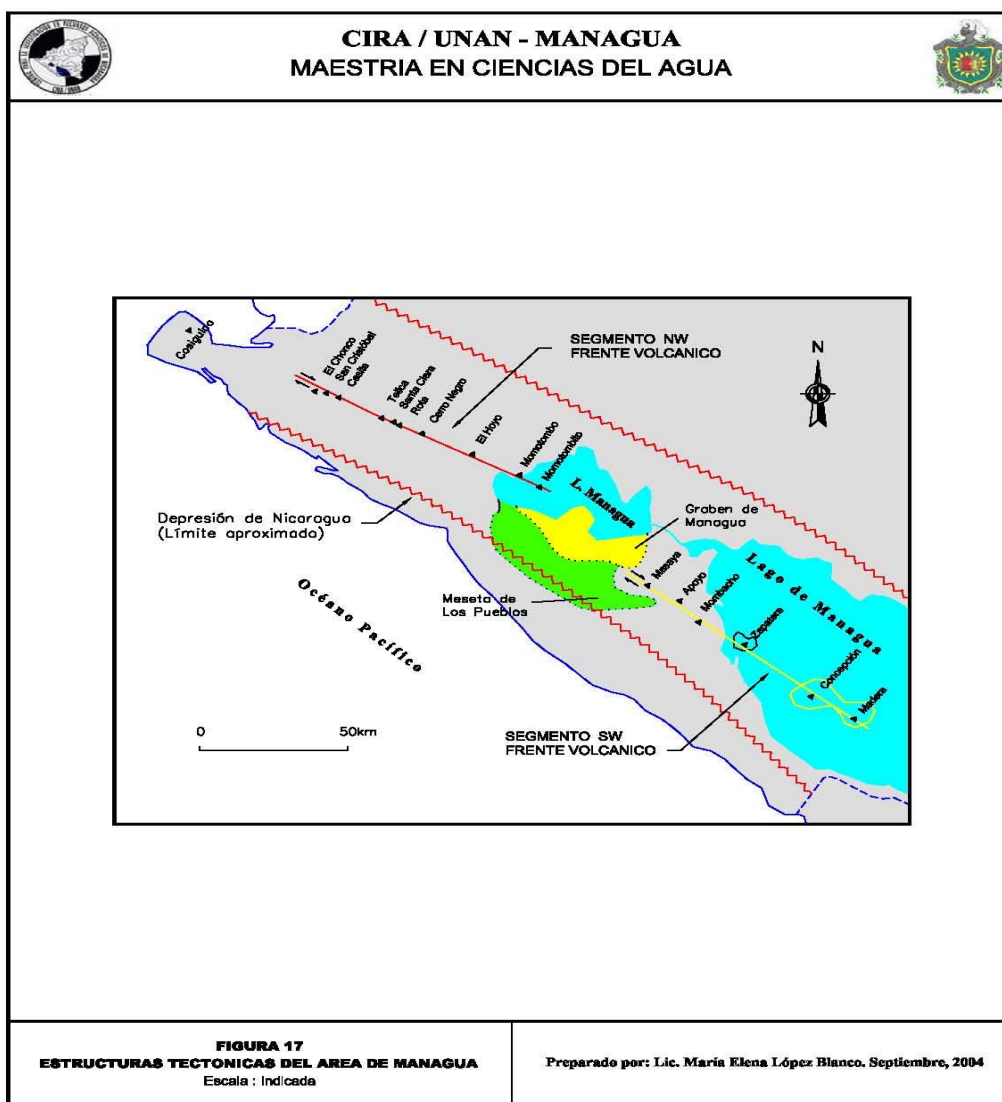
Dentro de la depresión corre el frente volcánico nicaragüense en dos segmentos: El segmento NW, del volcán El Chonco al Momotombito dentro del Lago de Managua y el segmento SE del Complejo Volcán Masaya al volcán Maderas dentro del Lago de Nicaragua (Fig. 16). Entre estos dos segmentos del frente volcánico ocurren dos estructuras contrastantes: un elevado estructural denominado “Meseta de los Pueblos” y una depresión estructural denominada “Graben de Managua” (Martínez, 2000).

4.2 Origen del Graben de Managua

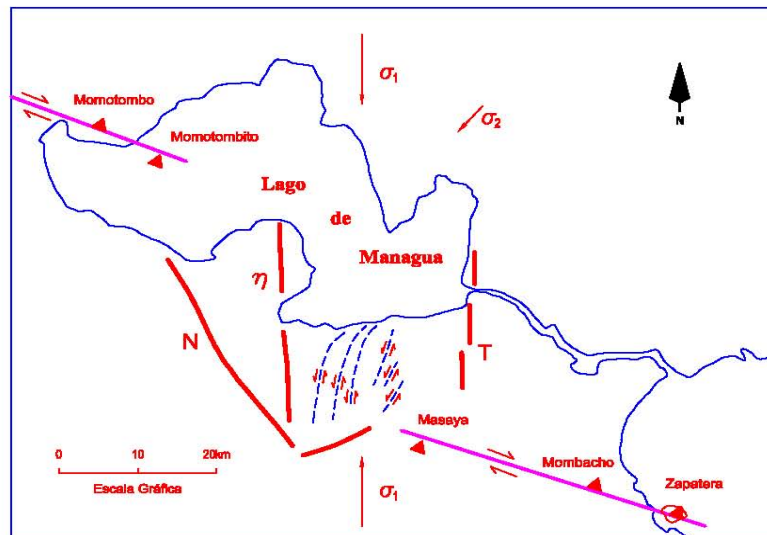
La configuración del campo de esfuerzo que condujo a la formación del Graben de Managua se muestra en la Figura 17 (Martínez, 1993). El estiramiento de la corteza, es el proceso más viable para la formación del graben en un estilo

tectónico de extensión o de “*pull apart basin*”, esto implica que:





- El frente volcánico se emplaza en un ambiente de deslizamiento lateral derecho de primer orden (*right lateral strike slip*), formando un ángulo de 20 a 30° con la dirección de esfuerzo máximo (σ_1).



LEYENDA

σ_1	Esfuerzo Máximo		Sistema "Strike Slip" de Primer Orden
σ_2	Esfuerzo Intermedio		Sistema "Strike Slip" de Segundo Orden
N	Fallamiento Normal	T	Fallamiento Normal Tensional
	Volcanes Activos	η	Alineamiento Volcánico Nejapa

FIGURA 17
ORIGEN DEL GRABEN DE MANAGUA
Escala Gráfica

Preparado por: Lic. María Elena López Blanco. Septiembre, 2004

- Un esfuerzo continuo de compresión genera un esfuerzo intermedio (σ_2) de fallas secundarias de deslizamiento lateral izquierdo (*left lateral strike slip*). Así el principal eje de deformación máxima está orientado verticalmente o equivalente a un esfuerzo extensional.
- La depresión del Graben de Managua de ~40 km de ancho, se abrió a lo

largo de dos zonas distintas de fallamiento normal: El sistema de Falla Mateare al Oeste y el sistema de Falla Las Nubes al Sur, las cuales parecen estar ligando los dos segmentos separados del frente volcánico. El sistema de Falla Cofradía marca el límite Este de la depresión (Figura 18).

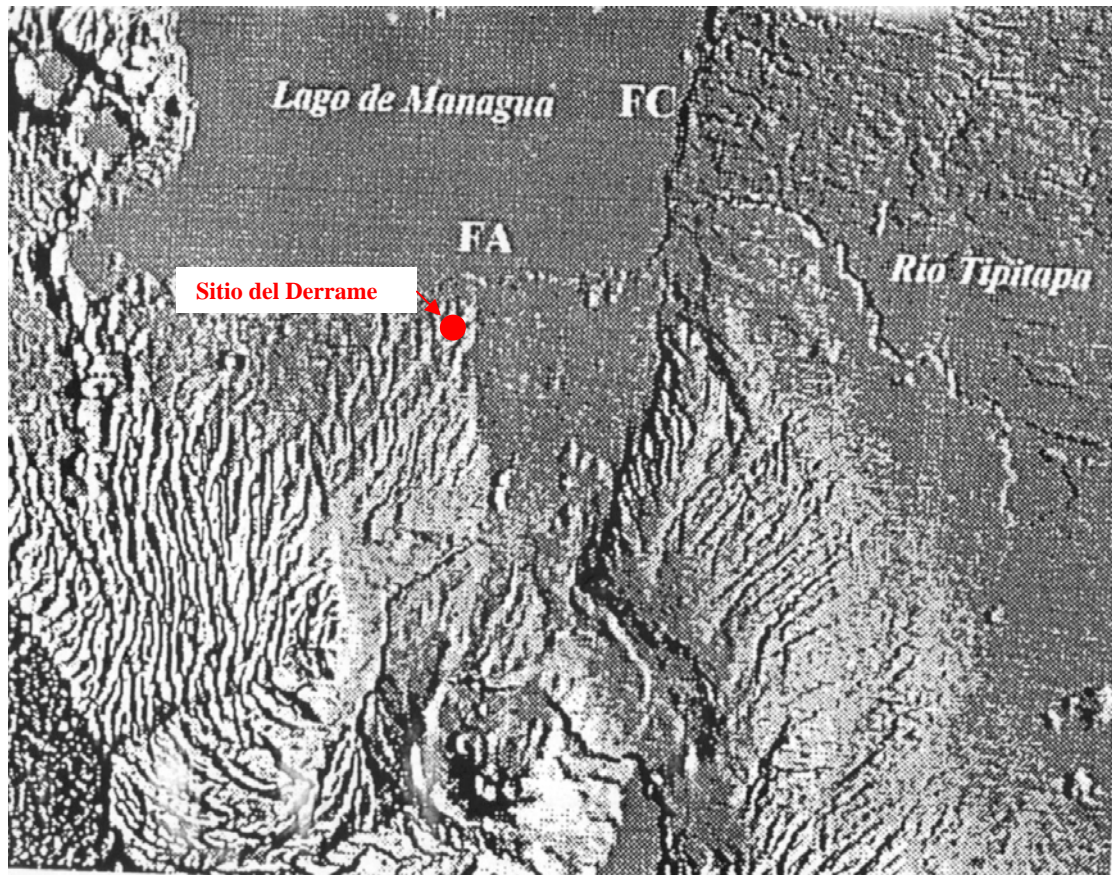
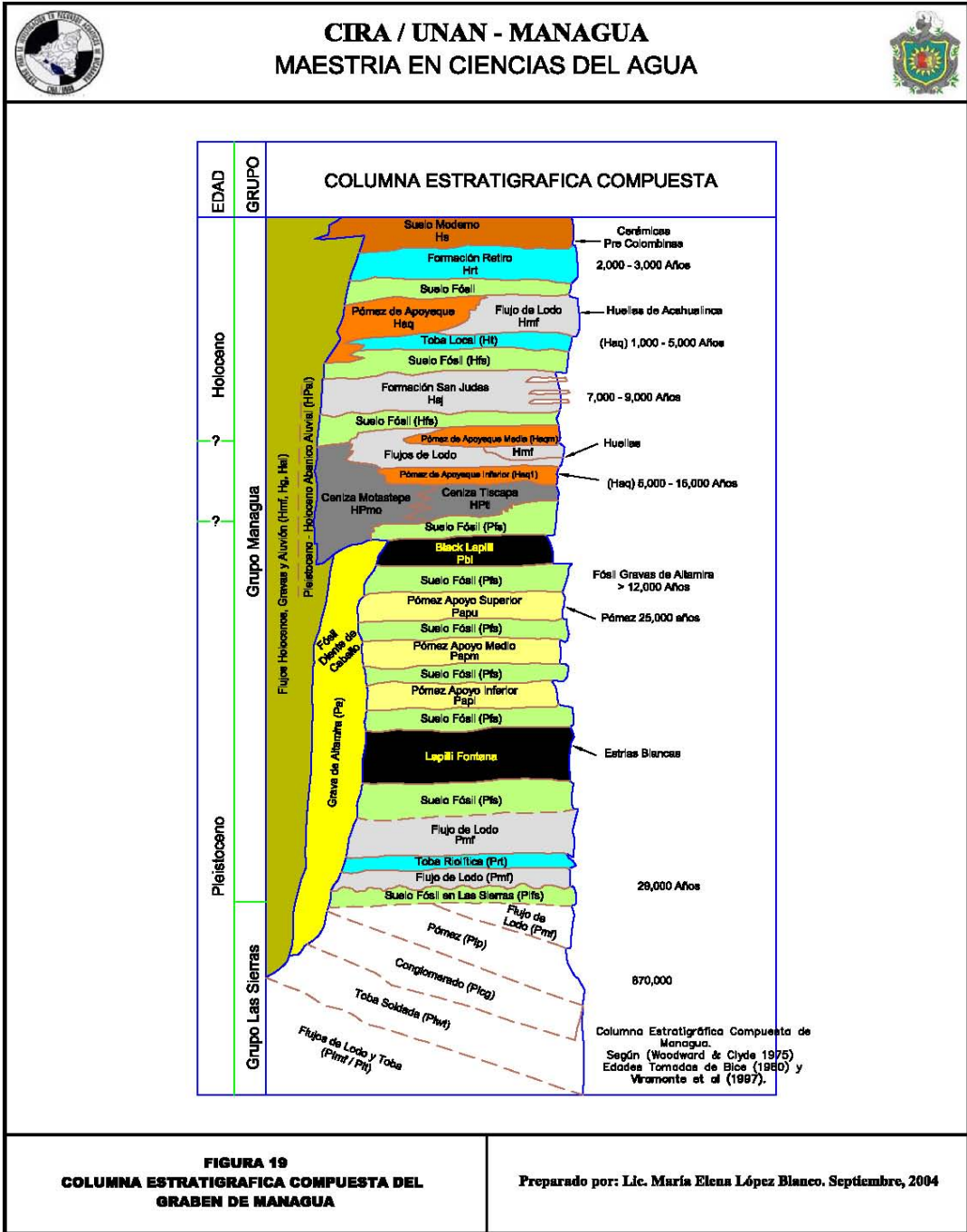


Fig.18. Imagen de Satélite mostrando el Graben de Managua. Nótese la Falla Aeropuerto, próximo a 450 m al Oeste, se encuentra el sitio del derrame de gasolina. Esc. ~1:75000

4.3 Estratigrafía del Graben de Managua

Estudios crono estratigráficos han determinado una secuencia del Holoceno (menos de 10 mil años) y del Pleistoceno Tardío (hasta ~30 mil años) de estratos de tobas y piroclastos con intercalaciones de paleo suelos, variando en potencia por más de los 12 m y que se conoce como Grupo Managua. La fuente de este material volcánico es el Complejo Volcán Masaya, con aportes significativos del volcán Laguna de Apoyo y del Lineamiento Volcánico Nejapa

(Fig.19).



Subyaciendo al Grupo Managua se encuentran las unidades del Grupo Las Nubes del Pleistoceno (más de 25 mil hasta 100 mil años atrás). La formación típica de ~30m de potencia, corresponde a una arena toba de textura masiva y

granos gruesos con intercalaciones de escorias, en menor proporción ocurren flujos piroclásticos y unidades de pómez. Estos productos volcánicos provienen en su mayoría del complejo pre caldera del Volcán Masaya (Dames & Moore, 1978) equivalente a una fase antigua del Volcán Masaya (Hradecky et al., 1997).

El basamento del Graben de Managua lo conforma las unidades del Grupo Las Sierras, son rocas basálticas aglomeráticas de hasta 600 m de potencia, depositadas en un ambiente de agua somera, provenientes de un volcanismo extinto Cuaternario del Plio-Pleistoceno (últimos 1,6 millones de años).

4.4 Hidrología del Graben de Managua

La tectónica y la geología están ejerciendo un control estricto en la hidrología superficial y subterránea del área, lo que se refleja en la distribución, dentro del sistema del Acuífero de Managua, de tres sub acuíferos principales (Fig. 20): (A) Sub Acuífero Occidental con $\sim 235 \text{ km}^2$ de captación entre la Falla Mateare y el Lineamiento Volcánico Nejapa, (B) Sub Acuífero Central con $\sim 180 \text{ km}^2$ de captación entre el Lineamiento Volcánico Nejapa y la Falla El Mirador, (C) Sub Acuífero Oriental con $\sim 222 \text{ km}^2$ de captación entre la Falla El Mirador y el Sistema de Fallas Cofradía.

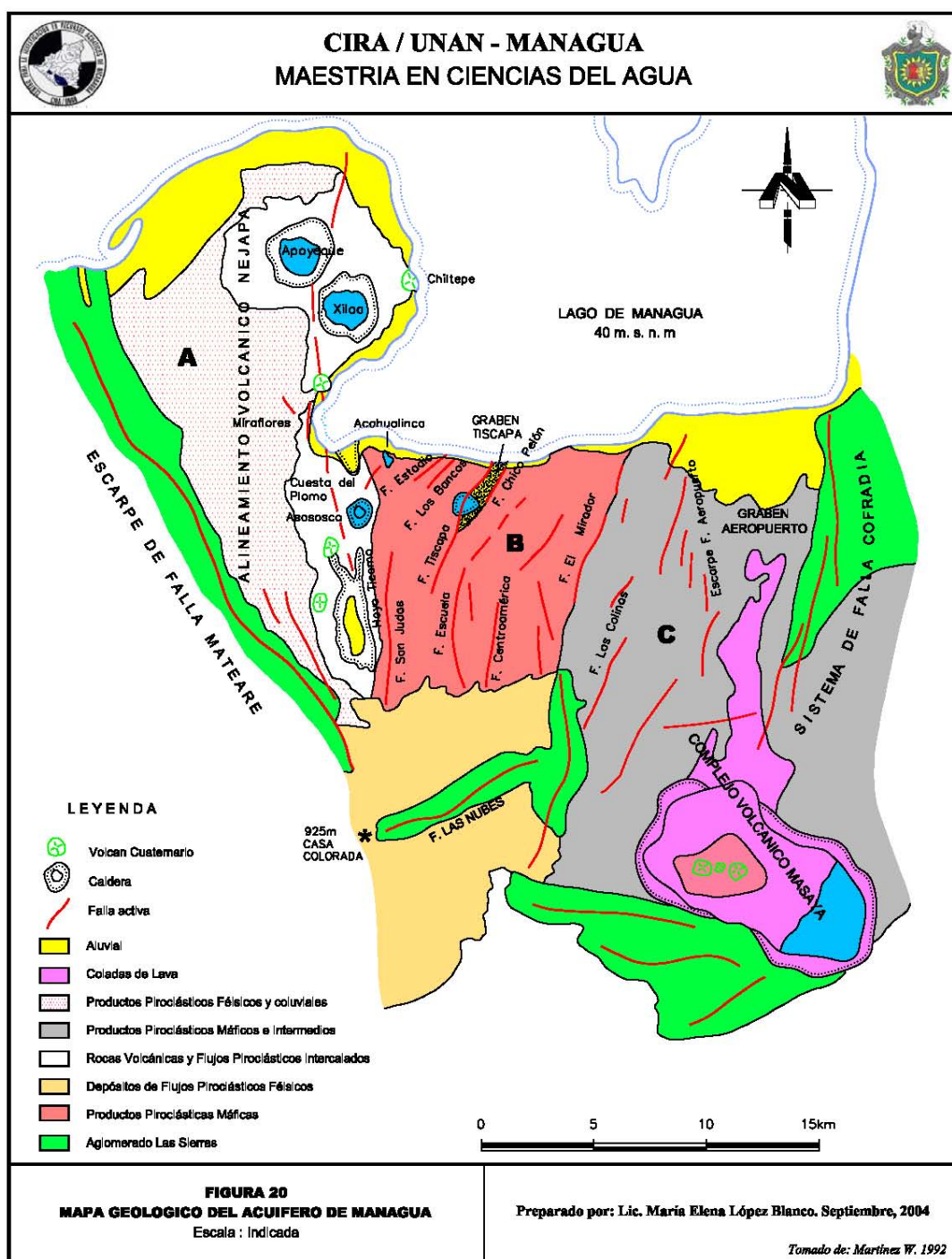


Fig. 20 Mapa Geológico del Acuífero de Managua con los tres Sub Acuíferos que lo conforman. A.- Acuífero Occidental; B.- Acuífero Central; C.- Acuífero Oriental

Las aguas superficiales y las aguas subterráneas dentro del Graben de Managua presentan un estrecho vínculo genético, por lo que la ocurrencia de ambas tiene el mismo abordaje desde el punto de vista hidrológico.

El Acuífero de Managua se encuentra dentro de las rocas del Grupo Las Sierras o rocas reservorios, mientras los estratos del Grupo Managua conforman la zona vadosa. Es importante subrayar el hecho que, en áreas por encima de los 100 m.s.n.m estratos superiores del Grupo Las Sierras forman parte de la zona vadosa, mientras que en áreas por debajo de los 60 m.s.n.m estratos inferiores del Grupo Managua forman parte de la zona saturada.

4.5 Síntesis del Medio Físico del Área de Managua

El área de Managua, un graben en medio del frente volcánico segmentado, presenta condiciones geológicas de permeabilidad primaria y secundaria favorables a la ocurrencia de agua subterránea en calidad y cantidad. Paradójicamente son esas mismas condiciones que la vuelven susceptible (alta densidad de fallas y fracturas, por ende alta permeabilidad) y vulnerable (intensa actividad humana) a la contaminación.

Asimismo, las condiciones más favorables a la contaminación de los reservorios de agua subterránea se dan en aquellas áreas críticas de ambientes geológicos susceptibles, allí el nivel freático intercepta o está próximo a la superficie donde se realizan la mayoría de las actividades humanas.

Ligado a los factores antes descritos, a partir de la década de 1990 han proliferado en el área de Managua las gasolineras, que vienen a aumentar el riesgo (grado de pérdida en la disponibilidad del agua por contaminación) dado el almacenamiento y manipulación que se hace de los derivados de hidrocarburos.

En el área de Managua las principales áreas críticas de ambientes geológicos susceptibles a la contaminación son:

- Las zonas de recargas y descargas locales (lagunas cratéricas, cursos cortos de agua), donde los contaminantes permanecen en la superficie próxima a los cuerpos de agua superficiales y reservorios subterráneos.
- Zonas de fallas y fracturas, donde se favorece la rápida infiltración de los contaminantes, los cuales eventualmente entran en el sistema a medida que estas zonas sirven de conducto para la infiltración del agua en la época de lluvia (esto significa condiciones de recarga), siendo que en la época seca el flujo del agua subterránea muestra una tendencia a ir hacia arriba (esto significa condiciones de descarga).
- Zonas deprimidas con potentes espesores de sedimentos, tales como el Graben Tiscapa, el Graben Aeropuerto y a lo largo de la ribera del Lago de Managua.

Así, al discernir sobre el papel de las gasolineras como fuentes potenciales de contaminación, es bueno subrayar que el riesgo aumenta o disminuye en función de la ubicación en o próximas a áreas críticas relativas a los ambientes geológicos adversos antes descritos. Esto le permite al contaminante de hidrocarburos una vez en el medio, entrar en contacto directo con el agua subterránea.

V.- METODOLOGÍA

5.1 Reconocimiento Geológico de Campo

Se realizó un reconocimiento geológico e hidrogeológico de campo en conjunto con el análisis de datos e informes de estudios previos disponibles e interpretación de imágenes de satélite, fotografías aéreas, mapas topográficos y ortofotomapas.

El reconocimiento de campo cubrió un área aproximada de 800 m de ancho en el sentido Este-Oeste por 4 km de largo en el sentido Norte–Sur. A partir del sitio del derrame se identificó la Falla Aeropuerto a 350 m al Este, la Falla Las Colinas a 450 m al Oeste, las cuales son estructuras activas que marcan los límites laterales del área de estudio. Al sur a 900 m el límite del área es la antigua vía del ferrocarril y 3 000 m al Norte la ribera del Lago de Managua (cota actual 38,5 m.s.n.m) en el área donde actualmente se construye la planta de tratamiento de las aguas servidas de la ciudad de Managua.

Este reconocimiento de campo permitió ubicar las obras directas realizadas cuyas ubicaciones se muestran en la Figura 21. Estas obras consistieron en: cuatro perfiles geofísicos, cinco pruebas de infiltración según el tipo de suelo presente, instalación de 4 mini piezómetros, cinco puntos de muestreo de agua y siete catas exploratorias. El análisis del levantamiento geofísico en combinación con el modelo geológico del área permitieron definir el sitio de perforación para delinear el frente de la pluma contaminante.

5.2 Catas Exploratorias

Se hicieron siete catas exploratorias para el acceso directo a la estratigrafía y a las estructuras locales del área hasta una profundidad de 3.5 m desde la superficie. Estos datos sirvieron de correlación con los datos geofísicos y los parámetros hidrogeológicos. La ubicación de dichas catas se muestra en la tabla No.8

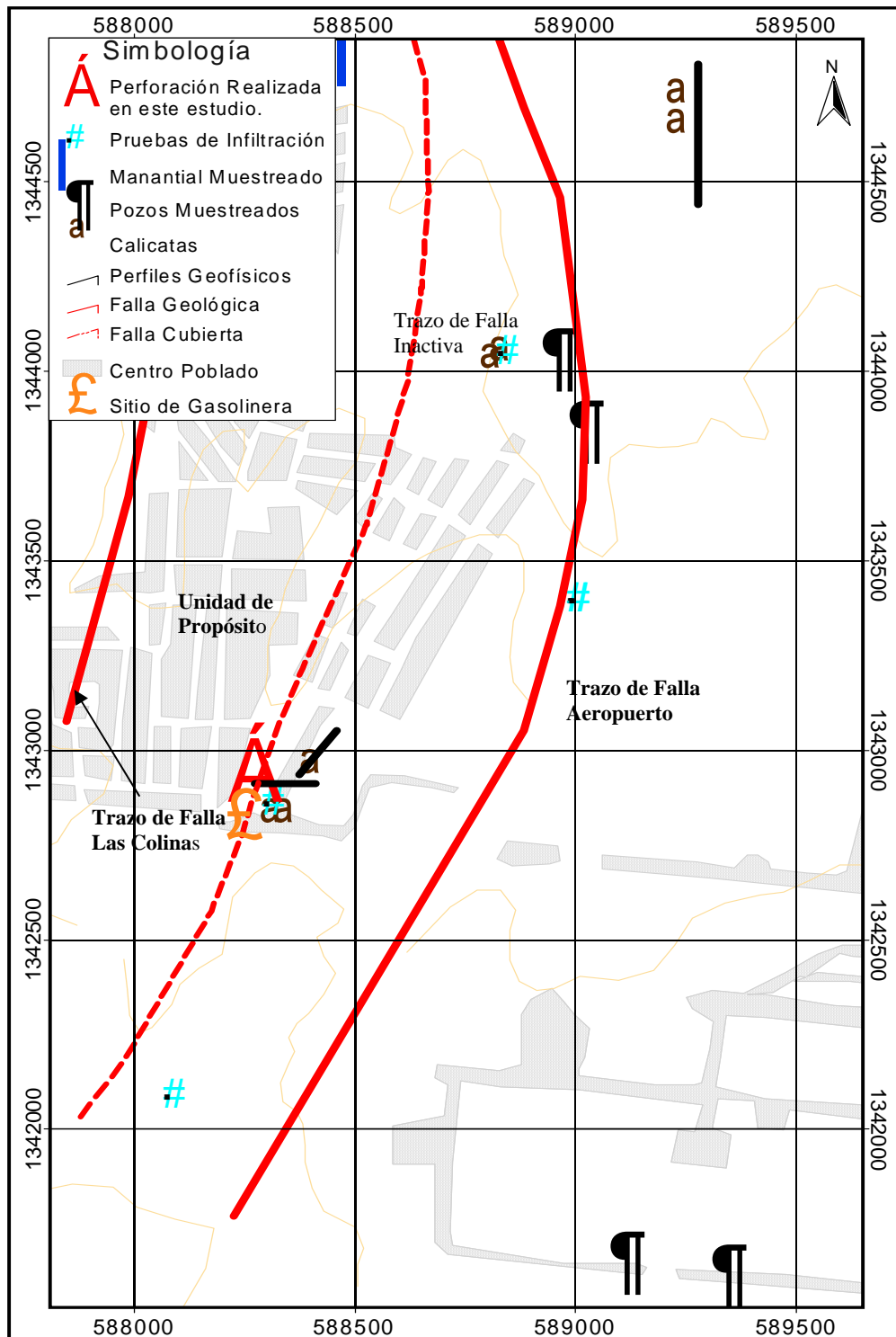


Fig. 21 Ubicación de las obras directas realizadas en el área de estudio de influencia directa e indirecta del derrame

Tabla No.4 Coordenadas de los Sitios donde se abrieron las Catas Exploratorias

Punto	Coordenadas	
	Este	Norte
C1	588320	1342800
C2	588350	1342800
C3	588410	1342930
C4	588820	1344000
C5	588840	1344020
C6	589240	1344620
C7	589240	1344700

5.3 Pruebas de Infiltración

Se realizaron 5 pruebas de infiltración con el método del doble anillo, insertándose en el suelo a una profundidad promedio de 30 cm (Fig.22). Al comenzar la prueba se incorporó agua en los cilindros a una de altura entre 10 y 18 cm. El agua fue vertida de manera tal que no alterara las condiciones del suelo, anotando el volumen de agua añadida y el tiempo. Se finalizó la prueba cuando la tasa de agua agregada por tiempo fue constante. Las pruebas realizadas en el área de estudio variaron de 6 a 8 horas como máximo y su ubicación se muestra en la tabla 5. Los datos de campo se presentan en el anexo A.

Tabla No. 5 Ubicación de Pruebas de Infiltración. Ver texto para explicación.

Prueba Infiltración	Coordenadas	
	Este	Norte
1	588861	1344062
2	588331	1342873
3	588106	1342100
4	589020	1343410
5	589022	1343410

Para determinar la tasa de infiltración y el porcentaje de precipitación que se infiltra en el sub suelo se utilizaron los datos de precipitación de la estación del Aeropuerto A.C. Sandino, analizando los meses representativos de 2 años de precipitación (Tabla No. 6).

Tabla No. 6 Precipitaciones Mensuales tomadas de la Estación Las Mercedes, Aeropuerto A. C. Sandino (Fuente: INETER)

Año : 2003					Año : 2004			
Mes	Precipitación (mm)				Total	Precipitación (mm)		
	Total	Media	Mínima	Máxima		Media	Mínima	Máxima
Enero	1.1	0.0	0	1.1	6.9	0.2	0	6.9
Febrero	0.0	0.0	0	0.0	0.2	0	0	0.2
Marzo	9.1	0.3	0	4.3	1.2	0	0	0.7
Abril	113.7	3.8	0	109.6	0	0	0	0
Mayo	211.4	6.8	0	67.5	162.7	5.2	0	42
Junio	260.7	8.7	0	38.8	140.3	4.7	0	31.5
Julio	100.0	3.2	0	17.3	112.2	3.6	0	15.8
Agosto	100.6	3.2	0	24.0	100.3	3.2	0	23
Septiembre	151.6	5.1	0	43.5	149.0	4.0	0	43.0
Octubre	176.6	5.7	0	51.3	178.3	5.9	0	53.0
Noviembre	99.0	3.3	0	76.7	97.0	2.5	0	75.8
Diciembre	5.8	0.02	0	3.6	4.9	0.03	0	2.9



Fig. 22 Doble Anillo enterrado a 30cm de profundidad en las prueba de Infiltración realizada en un medio de suelo transportado en superficie y residual en el fondo, característico de una permeabilidad media

5.3.1. Cálculo de la tasa de infiltración

Para determinar la velocidad de infiltración se utilizó el siguiente factor de conversión:

$$I = \frac{Dh \times 600}{\Delta t} \quad (6.1)$$

Donde: I : Velocidad de infiltración en mm/h

Dh : Diferencial de altura de agua (cm)

Δt : Diferencial de tiempo (min)

Encontrado el valor promedio de tasa de infiltración (capacidad de infiltración f_c) se calculó el porcentaje de infiltración para ese suelo mediante el método analítico propuesto por Schosinsky y Losilla 2 000, donde:

$$\text{Para el cálculo de la infiltración } I = 0,88 \text{ PC} \quad (6.2)$$

$$C = K_p + K_v + K_{fc} \quad (6.3)$$

Donde: K_p : Fracción que infiltra por efecto de pendiente

K_v : Fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal

K_{fc} : Fracción que infiltra por textura de suelo

P : Precipitación

Estos son llamados coeficientes de infiltración. Para $C < 1$ se utiliza el valor en la ecuación, para $C > 1$ se utiliza el valor de 1. Los coeficientes de infiltración se presentan en Tabla 7.

Tabla No. 7 Coeficientes de Infiltración para el Cálculo del Porcentaje de Infiltración Propuestos por Schosinsky y Losilla)

Por textura de suelo:			K_{fc}
Arcilla Compacta Impermeable			0,10
Combinación de limo y arcilla			0,20
Suelo limo arenosos no muy compacto			0,40
Por pendiente:			K_p
Muy plana	0.02 - 0.06%		0,30
Plana	0.3 - 0.4%		0,20
Algo plana	1.0 - 2.0%		0,15
Promedio	2.0 - 7.0%		0,10
Fuerte	mayor de 7%		0,06
Por Cobertura Vegetal:			K_v
Con zacate menos 50%			0.09
Terrenos cultivados			0,10
Cobertura con pastizales			0,18
Bosques			0,20
Con zacate más del 75%			0,21

5.4 Levantamiento Geofísico

El levantamiento geofísico, en el área de influencia directa e indirecta, se realizó a lo largo de 4 perfiles de diferentes longitudes (Tabla No.4), empleando una variante de los métodos Eléctricos llamado “Sondeos Eléctricos Verticales Continuos (SEVC)” o “Tomografía Eléctrica”.

Tabla No.4. Ubicación de Perfiles Geofísicos en el Área de Estudio

Perfil	Inicio del Perfil		Rumbo	Elev.	Long.	Observaciones
	Coord.E	Coord.N		(m)	(m)	
P-1	588268	1342913	W-E	62	146	100m del sitio del derrame
P-2	588853	1344047	138° SE	51	160	Las Delicias, borde oeste del cauce
P-3	588336	1342932	14° NE	62	160	Transversal al P-1
P-4	589295	1340523	N-S	63	640	Finca Las Mercedes (Fund. Samuel

El equipo utilizado fue el Lund Imaging System, el cual consiste de una unidad ABEM terrameter SAS 4000 con cuatro canales de entrada, una unidad selectora de electrodos ABEM ES464 (A). Se conectaron un total de 81 electrodos a lo largo de 4 cables de 100 metros de longitud con 21 tomas de electrodos cada uno (Fig. 23). Este equipo, desarrollado en la Universidad de Lund, Suecia, es manejado en Nicaragua por el Centro de Investigaciones Geocientíficas (CIGEO), UNAN-Managua.

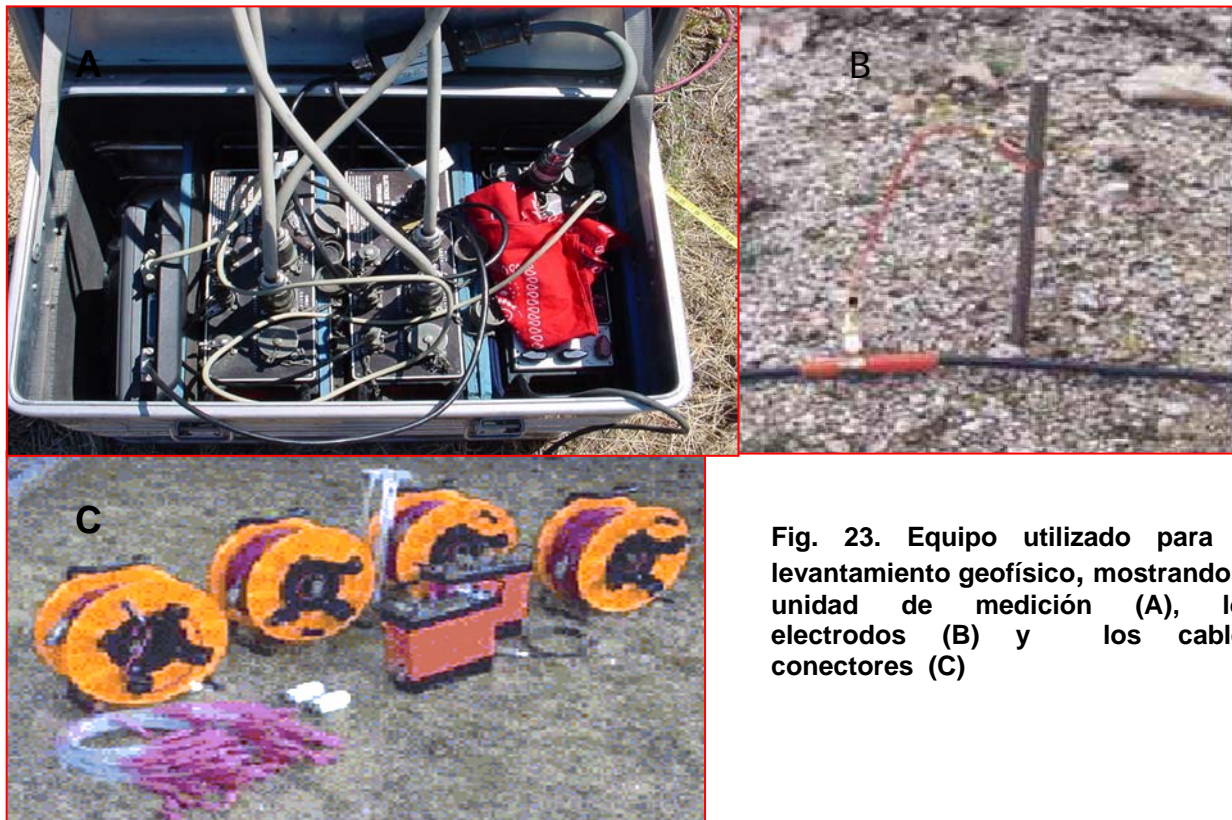


Fig. 23. Equipo utilizado para el levantamiento geofísico, mostrando la unidad de medición (A), los electrodos (B) y los cables conectores (C)

Las medidas de resistividad eléctrica 2D fueron obtenidas utilizando el arreglo del gradiente con una separación mínima de 2 m y máxima de 5 m entre electrodos a lo largo de líneas Oeste-Este y Sur-Norte.

La corriente transmitida osciló entre 10 y 200 mA. Los datos fueron invertidos usando un software comercial disponible **RES2DINV** el cual utiliza una técnica de optimización no lineal de mínimos cuadrados (Loke & Barker, 1996). Se utilizó un modelo de subrutina de diferencias finitas para modelar las resistividades.

Los perfiles resultantes fueron contrastados con la litología del área.

El perfil P-1 cercano al sitio del derrame fue realizado en época seca y lluviosa, para determinar las variaciones temporales y espaciales de las propiedades eléctricas del medio circundante.

5.5 Instalación de Minipiezómetros

En acuíferos no confinados, la zona no saturada ocupa un lugar clave donde la mayoría de los agentes contaminantes descargan antes de llegar al nivel freático. Por esta razón monitorear los cambios en la calidad del agua intersticial en esta zona es de importancia en la detección previa de amenaza de contaminación de las aguas subterráneas. Este es el caso cuando especialmente la zona no saturada es relativamente potente (más de 10 m), en tal situación se puede advertir el inicio de la carga contaminante subterránea y tomar las medidas de control pertinentes antes del deterioro del acuífero a niveles serios (Burke, 1999).

Para el monitoreo de la zona no saturada, se instalaron 4 mini piezómetros en la zona de influencia directa del derrame (Fig. 24). El acceso se logró mediante un barreno manual, cuyas profundidades variaron entre 2 y 3 m máxima profundidad de penetración.

Tabla No.9 Ubicación de Minipiezómetros en los Alrededores del Derrame

Punto	Coord. Este	Coord. Norte	Prof. (m)	Ubicación
PZ-2	588398	1343105	2,00	50 m al NE del derrame
PZ-3	588415	1343170	3,00	a 63 m de piezómetro 2
PZ-4	588362	1343347	2,72	instalado cerca del cauce
PZ-5	588610	1343246	3,00	instalado en casa de Esvelia Ruíz



Fig. 24 Mini Piezómetro No.4 Instalado próximo a el Cauce "Unidad de Propósito" y Equipo Auger de Perforación Manual para Instalación de los Minipiezómetros

5.6 Muestreo de Agua

Con el fin de cuantificar los contaminantes y conocer variaciones temporales y espaciales en sus concentraciones, se realizaron tres fases de muestreo; una primera fase en la época seca (abril 2004) y dos en la época lluviosa (octubre y noviembre, 2004). Se tomaron muestras del manantial El Espino a 42,25 m.s.n.m y en dos pozos excavados ubicados respectivamente a 2,5 y 2,0 km al NE del sitio del derrame. Asimismo se tomaron muestras de dos pozos perforados del Campo de Pozos Las Mercedes al sur del área de estudio con el objetivo de conocer las condiciones químicas naturales del agua subterránea (Tabla No.10). Las muestras se recolectaron por triplicado en recipientes (vials) de 20 ml, llenándose completamente y procurando no oxigenarla, sellándose rápidamente con una septa de teflón y colocando inmediatamente un sello de aluminio; luego se almacenaron a 4°C, hasta realizarle el análisis en el laboratorio. No fue posible la recolección de muestras en los mini piezómetros dada las características del medio poroso y la poca profundidad de dichos piezómetros.

Tabla No. 10 Ubicación de los Sitios de Muestreo de Agua Subterránea en el Área de Estudio

Pozo	Coordenadas		NEA	Prof	Nivel	Ubicación
Codigo	Este	Norte	[m]	[m]	msnm	
PP-2	589123	1341642	~ 45		68	Campo de pozos Las Mercedes
PP-3	589354	1341608	45		68	Campo de pozos Las Mercedes
PE-1	589031	1343836	2,6	5,40	51	Hacienda Las Delicias
PE-2	588969	1344028	3,2	3,85	51	Hacienda Las Delicias
Man-1	588523	1344800			42	Predios de INAA

PP: Pozo Perforado; PE: Pozo Excavado; Man: Manantial; NEA: Nivel Estático del Agua

Los analitos o contaminantes presentes en la gasolina, analizados en las muestras de agua fueron: benceno, tolueno, etilbenceno y los tres isómeros del xileno (BTEX). Asimismo se realizaron análisis químicos de compuestos inorgánicos como indicadores de posible degradación de los BTEX, tales como pH, nitratos, sulfatos, bicarbonatos, amonio, hierro total, oxígeno disuelto y sulfuros. Se midieron parámetros de campo como pH, Eh, conductividad y temperatura. Los resultados de las mediciones en los 5 puntos de muestreo y los formatos de campo se encuentran en el Anexo B.

Los análisis de los BTEX fueron realizados en 2 laboratorios: en el “Organic Geochemistry Laboratory, Department of Earth Sciences University of Waterloo, Canadá” (Anexo D), y en el “Laboratorio de Toxicología” del Instituto de Medicina Legal del Ministerio de Gobierno y Justicia de Nicaragua (Anexo E). Los análisis químicos de los compuestos inorgánicos se realizaron en el laboratorio del CIRA/UNAN-Managua.

5.7 Análisis de Compuestos BTEX

Para el análisis químico de los BTEX se utilizó la técnica de Cromatografía de Gases (Head Space), para determinar estos componentes aromáticos de la gasolina en las muestras de agua (Anexo D). En la siguiente tabla se presentan los límites de detección del método para cada uno de los compuestos.

Tabla No.11 Límites de Detección del Método para los Compuestos Analizados (Fuente: Organic Geochemistry Laboratory, Department of Earth Sciences, University of Waterloo, Canada, 2004)

Compuesto	N	Xo	X	%RDS	% E	LDM
Benceno	9	15.672	16.67	4.31	6.38	2.08
Tolueno	9	15.656	17.39	3.41	11.06	1.72
Etilbenceno	9	15.672	16.99	2.14	8.41	1.05
p + m Xileno	9	31.328	34.89	2.31	11.37	2.34
o-Xileno	9	15.656	17.14	2.23	9.49	1.10
1,3,5- Trimetilbenceno	9	15.656	16.93	2.86	8.15	1.40
1,2,4-Trimetilbenceno	9	15.656	16.53	2.94	5.58	1.41
1,2,3-Trimetilbenceno	9	15.656	17.09	3.87	9.14	1.91
Naftaleno	9	15.641	16.84	3.74	7.67	1.83

N : número de determinaciones de las replicas

X : promedio de las determinaciones ($\mu\text{g L}^{-1}$)

Xo : valor real del estándar ($\mu\text{g L}^{-1}$)

%RDS: porcentaje relativo de desviación estándar

%E: porcentaje de error de replicas

LDM: limite de detección del método ($\mu\text{g L}^{-1}$)

5.8 Análisis Físico-Químico de Compuestos Inorgánicos

Los métodos utilizados y los límites de detección estimados para el análisis de los metabolitos inorgánicos, se resumen en la Tabla 12.

Tabla No. 12 Límites de Detección de los Métodos Utilizados para Análisis de Compuestos Orgánicos

Parámetros	Técnica Analítica	No. de Ref. Standard Methods (1999)	LD (mg l^{-1})
Oxígeno Disuelto	Winkler	4500-H.B ¹	
Nitratos	Cromatografía Iónica	2320.B	0,050
Amonio	Colorimétrico Azul de Indofenol ²		0,005
Bicarbonatos	Titrimétrico	2320.B ¹	0,750
Sulfato	Cromatografía Iónica	4500-SO ₄ ²⁻ E	0,250
Sulfuros		4500-H.B ¹	1,000
Hierro	Método de Fenantrolina	3500-Fe.D-1	0,040
PH	Electrométrico	4500-H.B ¹	
Conductividad	Método Laboratorio	2510 B.	

¹ :American Public Health Association (APHA) (1999) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20 Th. E Washington, APHA.

² :J. Rodier (1981) Análisis de aguas naturales y residuales y agua de mar España Edición Omega

LD: Límite de Detección

5.9 Estimación del Factor de Retardación de los BTEX y la Velocidad de la Pluma contaminante de los BTEX

El carbono orgánico contenido en la matriz del suelo tiene un efecto en los hidrocarburos. Este efecto de partición puede retardar la migración de la fase disuelta en la pluma. Para calcular el factor de retardación (R) se utilizó la siguiente ecuación:

$$R = 1 + (\rho_b / n_e) (K_{oc} \times f_{oc}) \quad (\text{ecuación 6.4})$$

donde: R = factor de retardación (adimensional)

ρ_b = densidad del material en el acuífero (g/cm^3)

n_e = porosidad efectiva

K_{oc} = coeficiente de partición carbono orgánico/agua (ml g^{-1})

f_{oc} = fracción del contenido de carbono orgánico.

El valor para el K_{oc} es específico de la sustancia química (Tabla No.13); ρ_b , n_e , y f_{oc} son valores específicos del sitio, pero pueden también obtenerse de la Tabla No. 14.

Tabla No. 13 Coeficiente de Partición Carbón Orgánico/ Agua (K_{oc}) para las Sustancias Específicas (ml/g)

Compuesto	Valor de K_{oc}
Benceno	58.9
Tolueno	182
Etilbenceno	622
o-Xileno	363
p-Xileno	389
m-Xileno	407

Fuente: U.S.EPA, 1996, Soil Screening Guidance: Technical Background Document, Office of Emergency and Remedial Response, Washington, D.C., EPA/540/R-96/018

Tabla No. 14 Valores por defecto de la Densidad, Porosidad Efectiva y Fracción de Carbón Orgánico basado en la Textura¹

Textura	Densidad * (g/cm ³)	Porosidad Efectiva* (%)	Fracción de Carbono Organico*
Arcilla	1.80	0.20 -0.22	0.01-0.1
Arcilla Limosa	1.80	0.25	0.01-0.1
Marga arcilla limosa	1.80	0.27	0.01-0.1
Marga y arcilla	1.55	0.30	0.01-0.1
Marga	1.55	0.30	0.01-0.1
Marga limosa	1.55	0.35	0.01-0.1
Limo	1.55	0.27	0.01-0.1
Arcilla arenosa	1.55	0.24	0.01-0.1
Marga arcilla arenosa	1.40	0.26	0.001-0.0001
Marga arenosa	1.40	0.25	0.001-0.0001
Arena margosa	1.40	0.28	0.001-0.0001
Arena	1.40	0.30	0.001-0.0001

Fuente: United States of Agriculture, Gleams User Manual, Versión 1.8.53, 1990d

¹Rifai H. S and Hopkins L. 1995. En Assesment of Natural Attenuation at Petroleum Release Sites.

*La Densidad, Porosidad Efectiva y Fracción de Carbono Orgánico puede determinarse del sitio específico con análisis de Suelo en el Laboratorio.

Para conocer la velocidad de la pluma contaminante se calculó la velocidad del agua subterránea basado en la Ley de Darcy:

$$V = Ki / n_e \quad (\text{ecuación 6.5})$$

donde: V = velocidad del flujo de agua subterránea (m d⁻¹)

K = conductividad hidráulica (m d⁻¹)

i = gradiente hidráulico

n_e = porosidad efectiva (%)

Tomando en cuenta que los parámetros del Acuífero son :

$$K = 0,035 \text{ m. d}^{-1}$$

$$I = 0,037$$

$$\eta_e = 0,25$$

entonces $V = 5.18 \times 10^{-3} \text{ m. d}^{-1}$

La Velocidad de la pluma contaminante se calculó dividiendo la velocidad del agua subterránea (V) por un factor de retardación (R) promedio (Tabla 19) de todos los componentes de los BTEX, dado que se tomó la columna del pozo muestreado como un solo testigo

$$V_p = V/R \quad (\text{ecuación 6.6})$$

considerando $R = 2,65$

entonces $V_p = 2,0 \times 10^{-3} \text{ m. d}^{-1}$

5.10 Perforación Rotativa

Con base al modelo geológico conceptual y a los resultados geofísicos se ubicó un pozo de monitoreo para muestrear suelo y agua a fin de determinar la migración del contaminante. El pozo se ubicó en las coordenadas UTM 588266 E – 1342920 N con una elevación de 60 m.s.n.m (Fig.25), la profundidad total fue de 20m con un diámetro aproximado de 6cm; entubándose con una rejilla de 2m de longitud.

Se realizó un muestro de las formaciones, a intervalos de 2 m, en toda la columna del pozo hasta el nivel freático (18 m desde la superficie), para practicarle análisis de materia orgánica, granulometría y los componentes BTEX en la columna. Para el análisis de materia orgánica las muestras se envolvieron en papel de aluminio y luego se colocaron en bolsas plásticas, transportándolas al laboratorio sin preservar para ser procesadas a través del método de Digestión Húmeda. Para el análisis de granulometría se utilizó el método de tamaño del grano, arena, arcilla y limo según la Norma Austriaca 1-1083-88 y procedimiento operativo normalizado PON-HQ-RQA-CA-003 utilizado en la sección de Radio Isótopo ambiental del CIRA-UNAN.



Fig. 25. Sitio de Perforación Rotativa sobre el perfil P-1 con coordenadas de referencia
UTM 588266 E – 1342920N

El equipo utilizado fue una perforadora Borrow rotativa con corona de tungsteno, de fabricación sueca, auxiliado con un compresor colocado aproximadamente 15m de la boca del pozo.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Reconocimiento Geológico de Campo

6.1.1 Hidrología y Naturaleza del Subsuelo del Sitio de Estudio.

El sitio del derrame a 63 m.s.n.m yace sobre suelos de arcilla aluvial y residual provenientes de la meteorización o retrabajamiento de tobas y piroclastos de las formaciones del Grupo Managua (Martínez, 2002). En el área de influencia directa estratos de arena volcánica, arena aluvial, limo arenoso de 5-18 m se intercalan, sobreyaciendo a las tobas del Grupo Las Sierras (Fig. 26).

El patrón de drenaje del área, de orientación preferencial NNE, es controlado por la ocurrencia de la Falla Aeropuerto al Este y de la Falla Las Colinas al Oeste. El nivel estático del agua fluctúa en la época lluviosa (Mayo-Octubre) por encima de los 2,0 m. La precipitación anual es aproximadamente 1200 mm/año.

El flujo local del agua subterránea es al NNE con un gradiente de 1/27 (Fig.27), la velocidad promedio se ha calculado $\sim 5,18 \times 10^{-3}$ m/d, la conductividad hidráulica en 0,003 m/d y la porosidad efectiva promedio en 0,25. La transmisividad es mediana a muy alta de 400 a más de 1000 m²/d (INAA/JICA,1993).

Los suelos del área conforman la parte superior de la zona vadosa, la característica más importante que define la textura está dada por la naturaleza residual o transportado de los mismos. La presencia de suelo de textura fina, como en los suelos residuales, al limitar la permeabilidad relativa del suelo, también limita la migración de los contaminantes; por el contrario suelos de textura gruesa, como en los suelos transportados (coluviales o aluviales), son más susceptibles a la filtración y absorción de los contaminantes (SUWaR-NICARAGUA 2000).

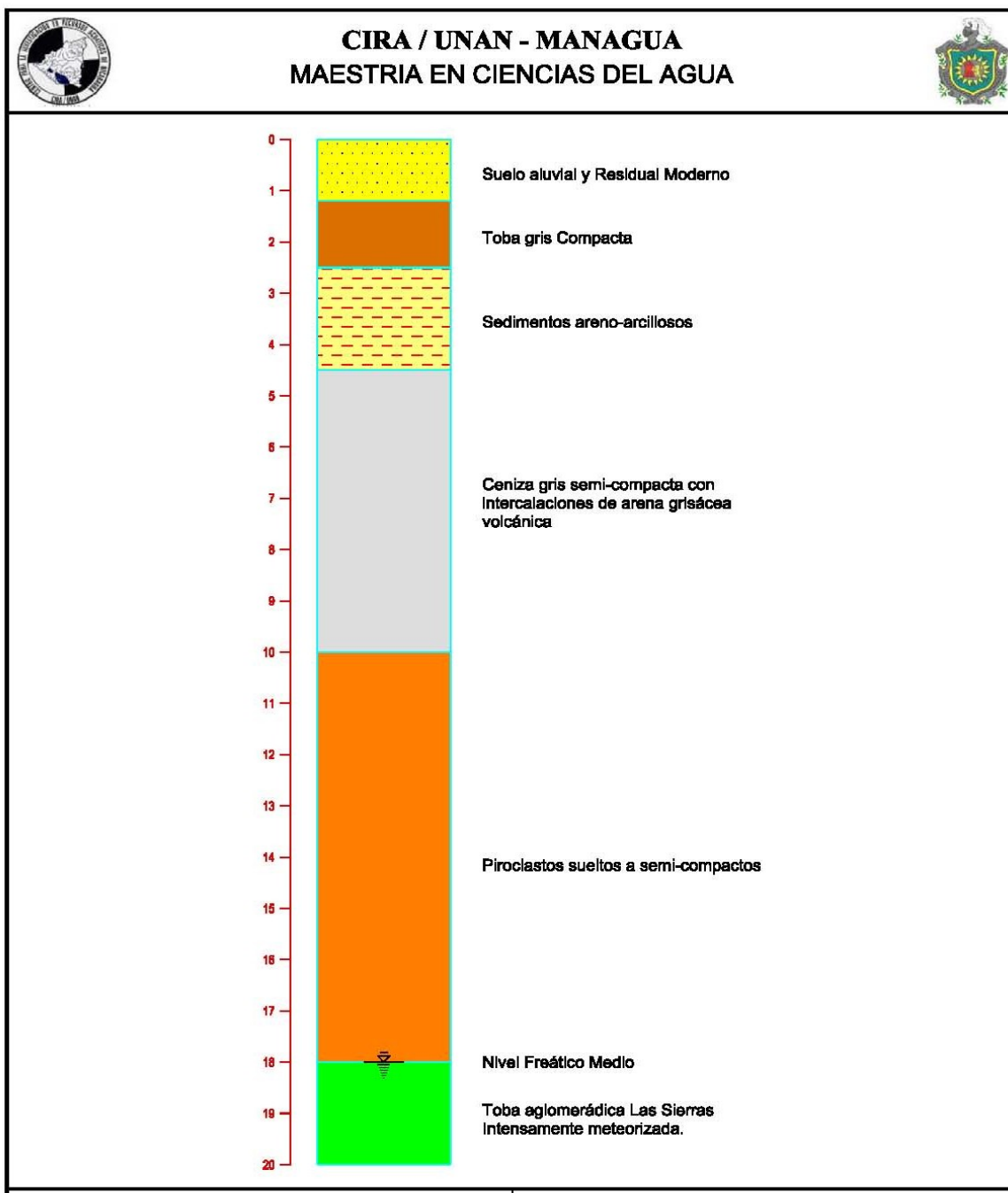


Fig. 26 Columna Estratigráfica del sitio del Derrame de Gasolina a partir de la Perforación y datos existentes de perforaciones dentro de la Gasolinera Texaco Parque Industrial, Managua. (López M.E, 2005)

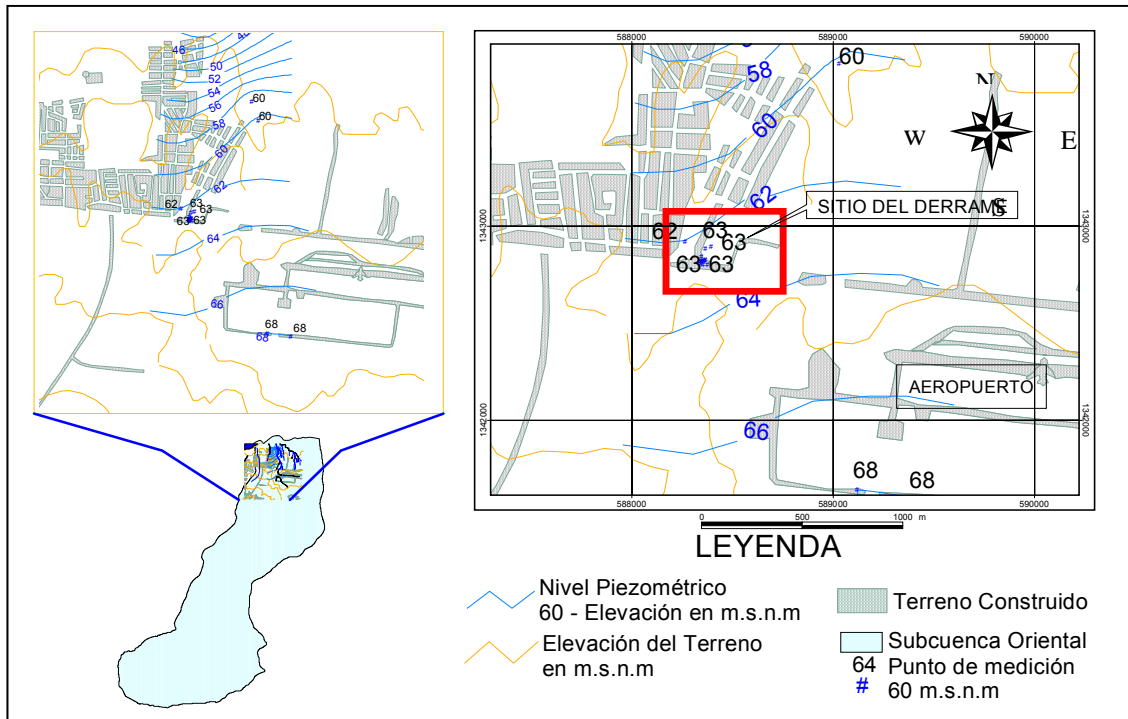


Fig. 27 Superficie freática y líneas de flujo del sitio de estudio (López, 2005)

Los suelos varían de franco arenosos a arenosos limosos con pendientes casi planas de 0 a 1,5 %. Los suelos provienen de la meteorización de las tobas y piroclastos del Holoceno-Pleistoceno al Reciente. Generalmente son de permeabilidad moderada, capacidad de humedad disponible moderada a moderada alta. El contenido de materia orgánica es moderadamente alto en los primeros horizontes y moderado en el subsuelo. Los suelos están bien provistos de cationes intercambiables y la saturación de bases en el subsuelo es mayor de 65%. Son deficientes en fósforo, pero el contenido de potasio asimilable es medio (INETER, 1977).

6.1.2 Tectónica y Geología del Sitio del Derrame

La tectónica del área, de 800 m de ancho en el sentido E-W, está dada por los esfuerzos provenientes del Sistema de Fallas Aeropuerto por el Este y del Sistema de Fallas Las Colinas por el Oeste. Importante resultado de este trabajo de tesis fue el descubrimiento en la parte central del área de estudio de una zona de fractura (falla antigua o inactiva) de orientación preferencial NNE, la cual divide el área en dos bloques tectónicos contrastantes (Fig.28).

La mitad Este representa un bloque tectónico levantado (una cuña de compresión) en relación a la mitad Oeste que representa un bloque tectónico hundido con presencia de horizontes potentes (hasta los 18 m de profundidad desde la superficie) de tobas, piroclastos y sedimentos fluvio coluviales del Holoceno, los cuales se han preservado en esta estructura local hundida. El basamento del área lo conforma una toba aglomerática perteneciente a la parte superior del Grupo Las Sierras del Plio-Pleistoceno (Martínez, 2000).

En ese contexto se puede afirmar que la gasolinera del parque industrial TEXACO, donde ocurrió el derrame de 5 320 galones de gasolina, está ubicada en una área crítica susceptible a la contaminación, más precisamente al margen de la zona de fractura (antigua falla) de dirección preferencial NNE. El modelo geotectónico establecido, apunta a tres ambientes en función de los cuales se están comportando los contaminantes (Fig. 29).

1.- Zona de fractura de dirección preferencial NNE, donde el contaminante tiene un movimiento descendente rápido, a través de un material permeable y heterogéneo, hasta alcanzar el nivel freático. Esta zona de fractura NNE controla localmente la dirección de flujo del agua subterránea.



CIRA / UNAN - MANAGUA
MAESTRIA EN CIENCIAS DEL AGUA

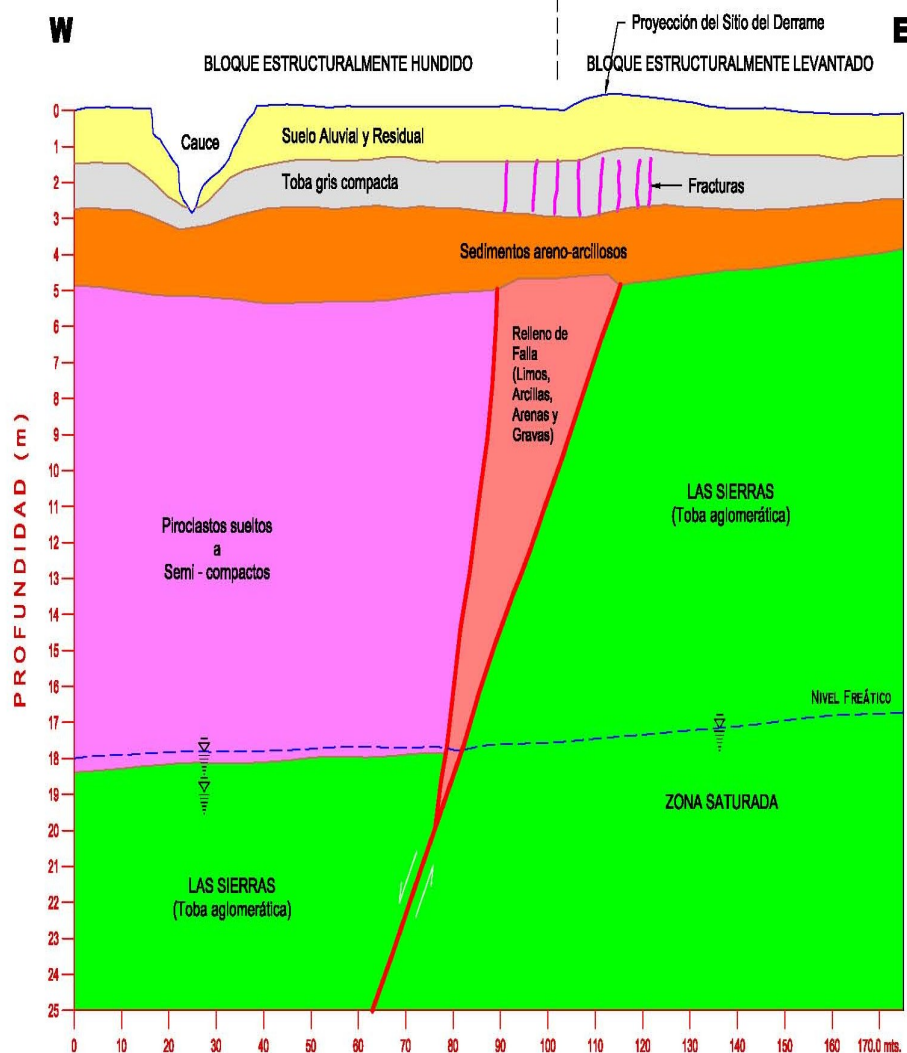


FIGURA 29
PERFIL ESTRATIGRAFICO ESTRUCTURAL
TRANSVERSAL AL SITIO DEL DERRAME

Preparado por: Lic. María Elena López Blanco. Junio, 2005

2.- Bloque Este, estructuralmente levantado, donde es notoria la ocurrencia próximo a la superficie de la roca del basamento. Este medio poco permeable impide la rápida infiltración del contaminante, los BTEX están adsorbidos a las partículas finas del medio, retardando el movimiento de estos al nivel freático.

3. Bloque Oeste, estructuralmente hundido, donde ocurre una degradación aeróbica y anaeróbica del contaminante por la presencia de microorganismos en una zona no saturada de alta permeabilidad, mayor de 18 metros. (Brauner et al., 1998).

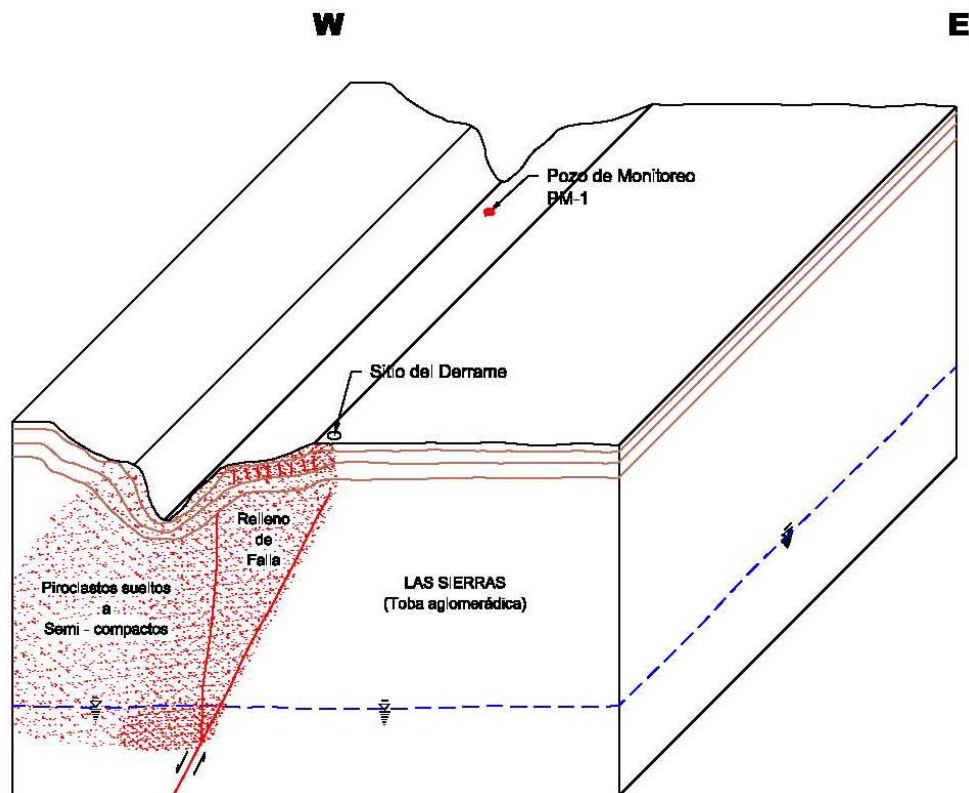


Fig 29 Modelo Geotectónico donde se muestran los tres ambientes geológicos del sitio de estudio y el ambiente por donde se ha movido el contaminante (López, 2004)

6.2 Catas Exploratorias

Desde el punto de vista geológico el material encontrado en las catas exploratorias, es en su mayoría de origen volcánico de caídas y flujos piroclásticos, pertenecientes al Grupo Managua, los cuales se encuentran sueltos, semi consolidados y como tobas, variando en potencia de 0,00 a 2,00 m (Fig.30) Además, se encontró un material heterogéneo propio de rellenos de falla.

El área de las catas exploratorias corresponde a un alto estructural, entre las fallas Las Colinas y Aeropuerto, donde los suelos orgánicos, aluviales y residuales (arcillosos) son poco potentes variando de 0.00 a 0.50 metros de potencia, se trata principalmente de suelos limo arenosos con bajo índice de plasticidad y densidad intermedia.

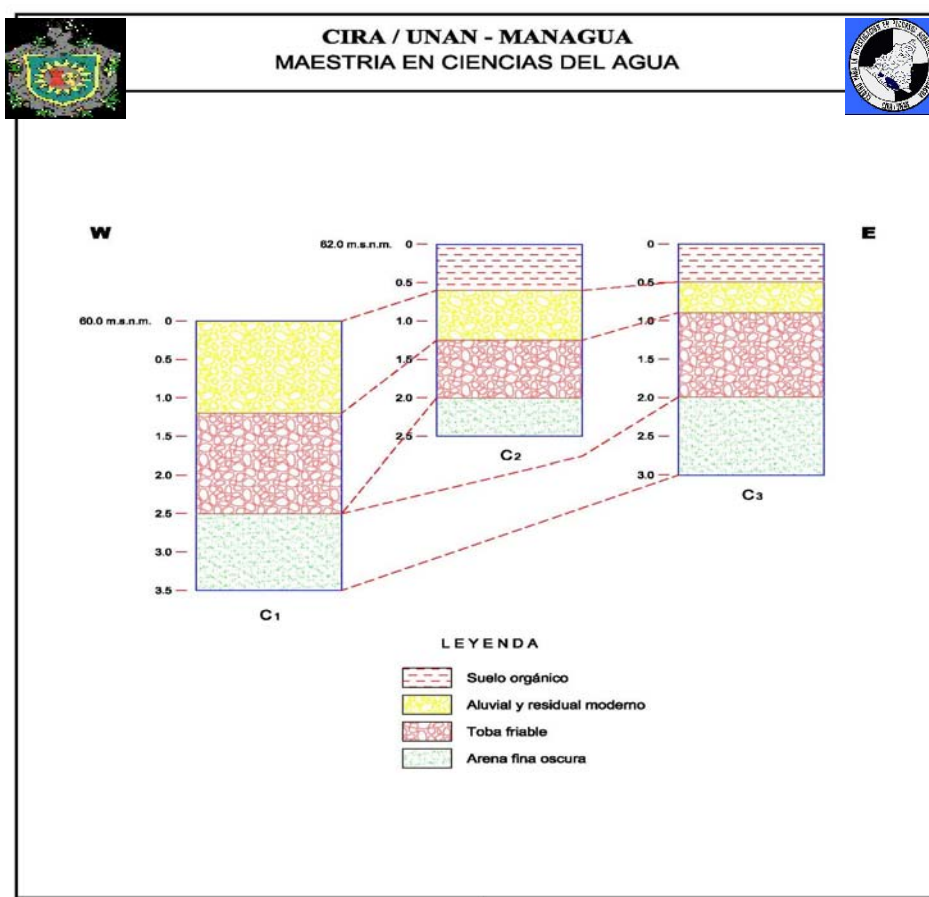


Fig. 30. Perfil W-E de Suelo a partir de los datos de las Catas Exploratorias (López , 2004)

6.3 Influencia de la Infiltración en el movimiento del contaminante

La capacidad de infiltración es el elemento crítico que controla el comportamiento del contaminante, capacidad que obedece a cada uno de los tres medios geológicos anteriormente descritos para el área del sitio del derrame.

Los resultados de las pruebas de infiltración (Tabla No 15 ; Fig. 31 (a), (b), (c), (d), (e), son indicativos de las diferencias estructurales y estratigráficas locales. Una alta permeabilidad, correspondiente al 62% de infiltración, se obtuvo dentro de los 220 m de ancho de la zona de la Falla Aeropuerto. Valores con una permeabilidad relativa baja, equivalente al 39% de infiltración, se obtuvieron en el Bloque Este estructuralmente levantado. Valores de permeabilidad intermedia, equivalente al 43% de infiltración, se obtuvieron en el límite entre el bloque tectónico levantado y hundido respectivamente, relativo a la zona de fractura (falla inactiva) que separa los mismos.

Los valores intermedios de infiltración del 43%, son representativos del tipo de permeabilidad que podría asociarse al movimiento rápido del contaminante, esto implica su rápida infiltración hacia el agua subterránea principalmente en los materiales del bloque tectónico hundido y en el relleno de la falla inactiva.

Tabla No.15 Cálculo del % de Infiltración en el Área de Estudio de acuerdo al tipo de suelo

Prueba	X	Y	P (mm)	Kp	Kv	Kfc	C	I	% Infiltración
1	588861	1344062	1230	0.30	0.09	0.10	0.49	530.4	43
2	588331	1342873	1230	0.20	0.09	0.20	0.49	530.4	43
3	588106	1342100	1230	0.15	0.09	0.20	0.44	476.3	39
4	589020	1343410	1230	0.20	0.09	0.40	0.69	746.9	62
5	589022	1343410	1230	0.20	0.09	0.40	0.69	746.9	62

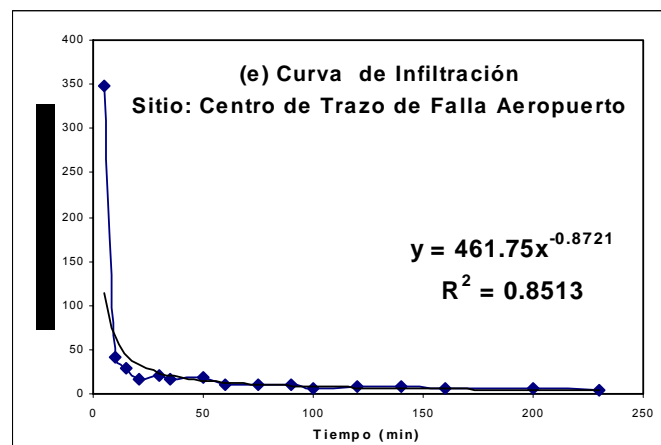
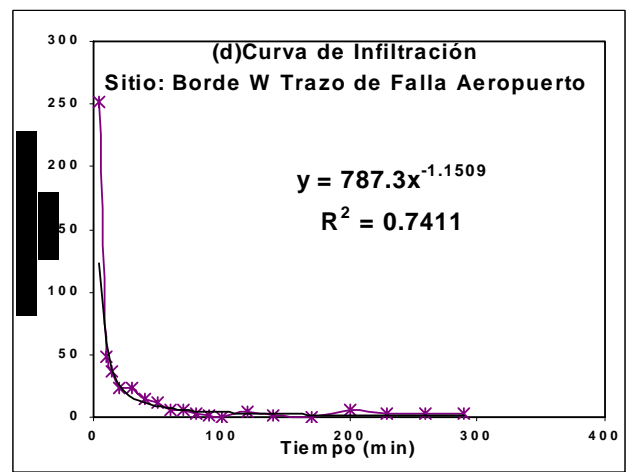
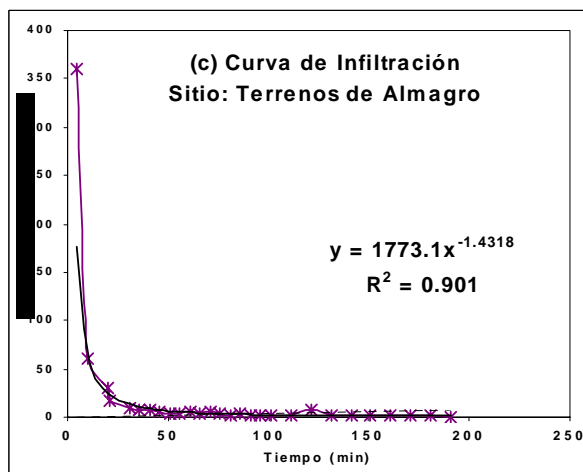
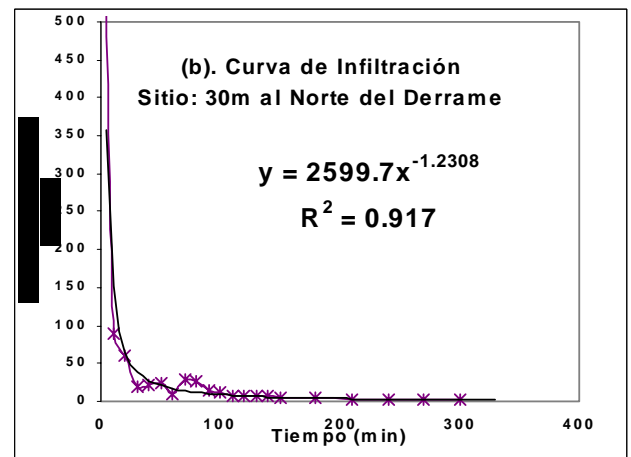
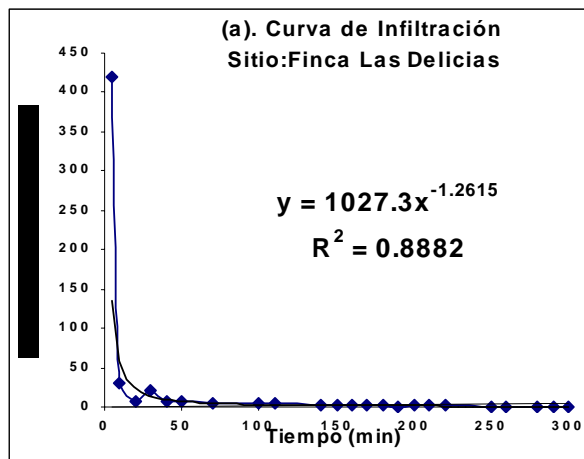


Fig. 31 Curvas de Infiltración para el Cálculo del Porcentaje de Infiltración en los Distintos

Ambientes Geológicos presentes en el Área de Influencia Directa e Indirecta.

6.4 Caracterización Geoeléctrica del Sitio de Estudio

Los resultados de la mediciones geoeléctricas delinean cierto patrón en la distribución de los contaminantes en el subsuelo. Tomando como base la literatura internacional es de asumirse que después de 22 meses de transcurrido el derrame a la fecha, existe el tiempo suficiente para modificar el ambiente hidrogeoquímico dentro y alrededor de la pluma y con esto la señal geoeléctrica (Sauck, 1998; 2000). Al parecer la degradación de los hidrocarburos por la actividad bacterial en la zona no saturada y saturada del acuífero, produce ácido carbónico y ácidos orgánicos que aumentan la disolución mineral de los materiales geológicos del medio y con ello un aumento en la conductividad eléctrica (McMahon et al., 1995; Benson & Stubben, 1995; Benson et al., 1997).

La sección E-W del Perfil P-1, 100 m al norte del sitio del derrame (Fig. 32a) muestra una zona de baja resistividad con un rango de 0 a 35 ohm-m, de 6 m de potencia media, luego la resistividad aumenta a más de 200 ohm-m hasta los 18m de profundidad donde alcanza el nivel freático de la zona. Este aumento de resistividad, puede ser el resultado de un agotamiento de la humedad y de los iones en la subsuperficie por procesos de evapotranspiración, resultados similares han sido reportado en el derrame de Carson City en Michigan E.U.A. (Atekwana et al., 1998).

La profundidad de ocurrencia de estos gradientes vistos en la pseudo sección contra la columna litológica se correlacionan bien con la profundidad del nivel freático (fig. 32b). Hacia el Este del perfil las altas resistividades (más de 200 Ω m) aumentan hacia la superficie, significando esto la presencia próxima de la toba aglomerática de la Formación La Sierra en el Bloque Este estructuralmente levantado. Por debajo de los 18m la resistividad eléctrica vuelve a descender abruptamente en coincidencia con la presencia del agua subterránea.

Esta amplia zona anómala significativa, sugiere que después de varios meses de ocurrido un derrame, la contaminación crea una zona de baja resistividad o sea el medio contaminado es conductivo y no resistivo. Lo anterior concuerda bien con lo

expresado por Sauck (1998; 2000), relativo a las anomalías de baja resistividad, como resultantes de un incremento en los sólidos totales disueltos (STD), debido al ambiente ácido creado por la acción bacteriana en la parte inferior de la zona no saturada o sobre el nivel freático.

En contraste con el perfil P-1, la sección de resistividad aparente del perfil P-2 NW-SE, realizado a ~1 250 m al norte del sitio del derrame (Fig. 32c), muestra las condiciones naturales del medio sin contaminante, observándose un cambio horizontal en la resistividad. En dicho perfil, una pequeña capa de alta resistividad (rojo intenso) se incrementa hacia el NW en correspondencia con el suelo vegetal limo arcilloso; es evidente la presencia de una zona conductiva en forma columnar (color verde), la cual es un reflejo de la zona de falla inactiva (zona de fracturas) que divide el área en dos mitades.

Hacia el SE, se observa una capa horizontal conductiva asociada al nivel freático próximo a la superficie, equivalente a 3,20 m medidos en el pozo excavado PE-2. En ambos perfiles (P-1 y P-2), es notorio el comportamiento diferente de las propiedades eléctricas, donde las resistividades aparentes en P-1 refleja la presencia del contaminante y en P-2 refleja el medio natural. Los resultados contrastantes de estos dos perfiles geoelectricos, indican que el frente de la pluma contaminante, a la fecha de realización de los perfiles, está aproximadamente a 100 m gradiente abajo del sitio del derrame (Fig. 33), donde la extensión transversal se limita a los hidrocarburos disueltos y diluidos a los lados de la pluma. Dada la dispersión, la mezcla del oxígeno en el agua subterránea no contaminada con los BTEX en el borde de la pluma, aumenta la biodegradación y produce una pluma de forma alargada. Similares resultados han sido encontrados en un sitio de derrame de gasolina en Dublín, Carolina del Norte, Estados Unidos (Kao, et al., 1999)

Como resultado, se puede afirmar categóricamente que las propiedades físicas en un radio de 100 m al Norte del sitio del derrame, han sido significativamente alteradas por productos libres y residuales asociados a los hidrocarburos.

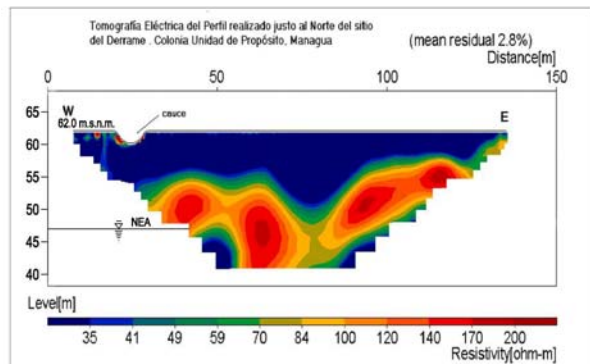


Fig. 32 a Perfil P-1
(Época seca)

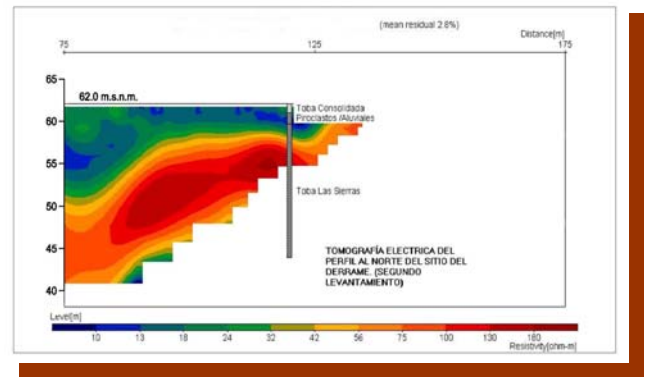


Fig. 32 b Perfil P- 1
(Época Lluviosa)

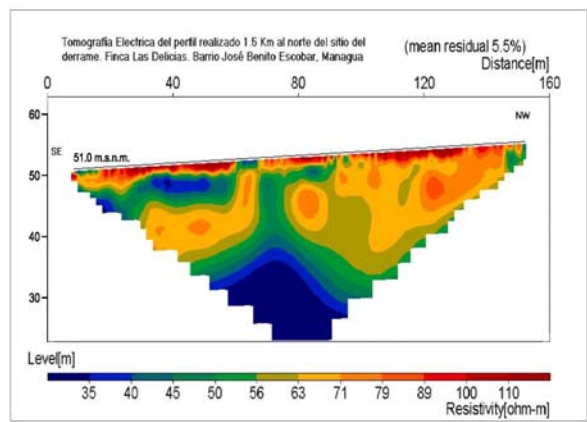


Fig. 32 c Perfil P-2

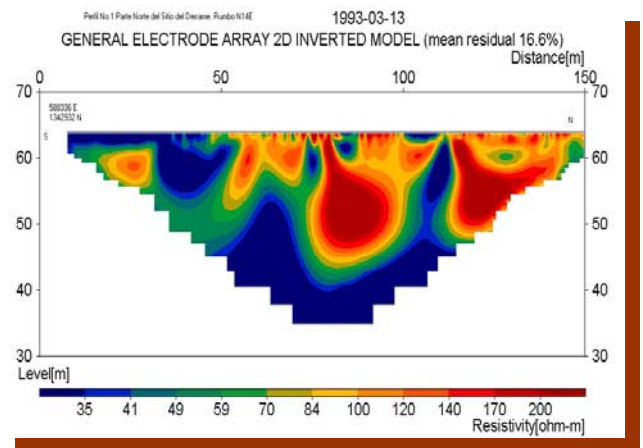


Fig. 32 d Perfil P-3

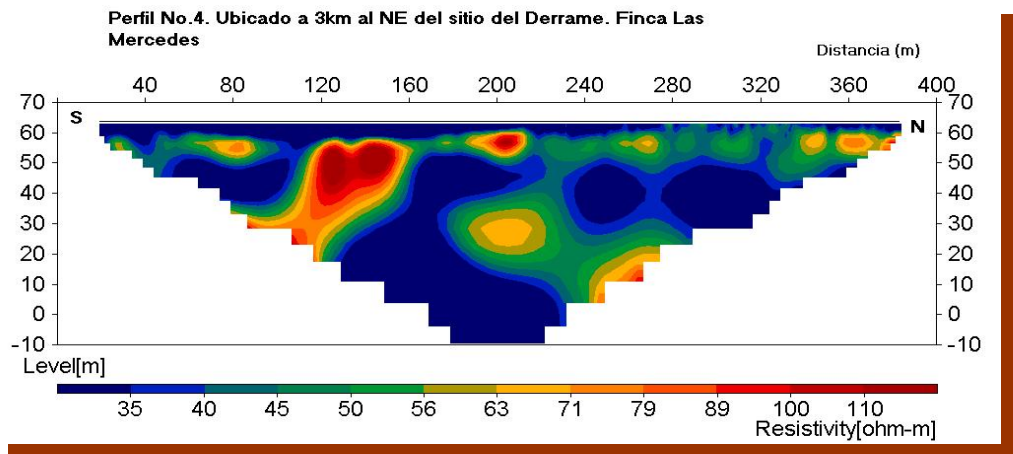
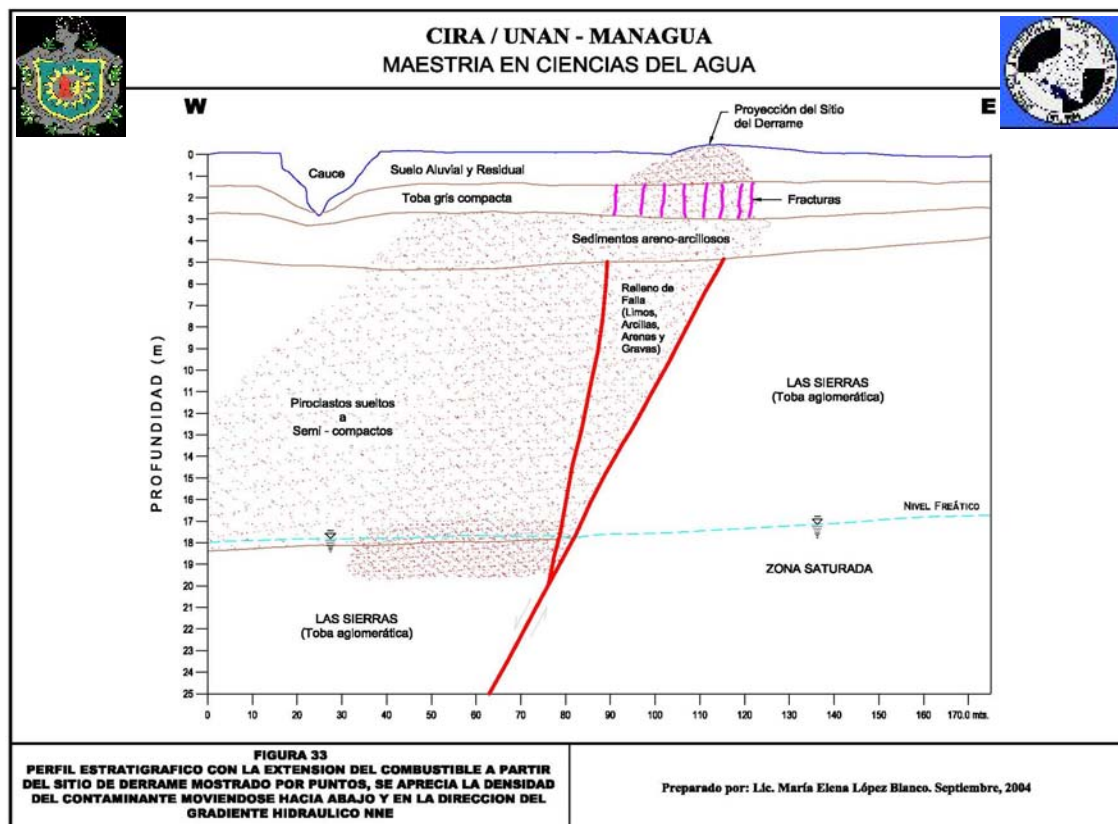


Fig. 32 e Perfil P-4

Fig. 32. Secciones Geoeléctricas (a) Perfil W-E realizado 100 m al norte de la fuente; (b) el mismo perfil comparado con la columna litológica del pozo perforado; (c) Perfil SE-NW

ubicado 2000 m del sitio del derrame, fuera del área de influencia; Los perfiles (d) y (e) no fueron tomados en cuenta para la interpretación ya que fueron utilizados como referencia.



6.5 Parámetros Químicos Inorgánicos como Indicadores de Biodegradación

Un resumen de los análisis de indicadores inorgánicos para muestras de agua subterránea se muestra en la Tabla 16. La concentración promedio de O_2 (2.86 mg l^{-1}) en los puntos muestreados alejados de la fuente de derrame fue menor que la concentración de oxígeno en el punto cerca de la misma (5.35 mg l^{-1}). Esto indica que el margen de la pluma gradiente abajo de la fuente está bajo un estado oxidado (Kao et.al., 1999). Este aumento se debe a que el agua de recarga superficial transporta oxígeno hacia el nivel freático, causando a su vez un

incremento en el Eh (Kao et al., 1999). La perdida significativa en las concentraciones de oxígeno a lo largo del flujo subterráneo puede deberse a los procesos de advección, dispersión, sorción y dilución, con predominio de la advección dado que el contaminante se mueve en un medio fracturado (Palmer & Jonson 1989 a).

Tabla No. 16 Análisis Inorgánicos en Agua subterránea Contaminada y No contaminada en el Sitio de Estudio

Parámetros	Agua Subterránea no contaminada*	Agua Subterranea contaminada**
O ₂	2,86	5,35
NO ₃	3,42	0,54
NH ₄	0,12	0,372
HCO ₃	340,59	316,82
SO ₄	56,03	54,43
H ₂ S	<1.00	<1.00
Fe	0,13	22,63
pH (L)	8,13	7,22
pH (C)	7,30	6,97
Eh	301,57	392,9
⁰ T	26,37	25
C E	694,13	502

*Valores promedios para compuestos inorgánicos y parámetros físicos de 15 muestras de agua no contaminada dentro y fuera del área de influencia en 3 períodos de muestreos (1 en la época seca y 2 en la época lluviosa) de Abril 2004 a Noviembre 2004.

**Resultados del muestreo de agua contaminada en el pozo perforado PM-01 en Marzo 2005.

El NO₃ con valores de 0,54 mg l⁻¹ y 3,42 mg l⁻¹ dentro y fuera del área de posible influencia directa del derrame respectivamente, está indicando que el proceso de desnitrificación está ocurriendo muy cerca de la fuente, inducidos por un alto nivel de fondo de carbono orgánico dentro del acuífero. Esto se nota en el elevado porcentaje de hasta 0,76 % de materia orgánica a partir de los 10 m de profundidad (Fig. 35), como reflejo de la presencia de los compuestos orgánicos en el medio geológico.

Es evidente el aumento en la concentración de amonio de 0.12 mg l⁻¹ fuera de la pluma a 0.37 mg l⁻¹ dentro de la pluma (Fig 34). Acontece que el nitrato está

siendo usado como un electrón aceptor por las bacterias facultativas desnitrificadoras para mineralizar los compuestos vía desnitrificación, dado que el nitrato disminuye en el área muy cerca de la fuente (Borden et al., 1995; Kao y Borden 1997 a,b; Wiedemeier et al., 1995).

El sulfato presenta una ligera disminución de 56,00 mg l⁻¹ a 54,43 mg l⁻¹ muy cerca de la fuente indicando un ligero consumo de sulfato que se puede explicar a la luz de condiciones temporales anaeróbicas en el acuífero y que al igual que el nitrato está siendo utilizado como un electrón aceptor por las bacterias para la degradación del contaminante (Brauner, 1998) . Hay que subrayar que, a nivel mundial, los mecanismos y procesos de bioremediación intrínseca de sitios con mezcla de patrones de biodegradación (por ejemplo, degradación aeróbica, desnitrificación, reducción de sulfato, reducción de hierro y metanogénesis) al momento no han sido bien documentados (Kao et al., 1999).

Es probable, que en el área afectada del derrame exista una mezcla de procesos aeróbicos y anaeróbicos dado el espesor de la zona no saturada (18 m), propio del bloque tectónico hundido, dándose también biodegradación anaeróbica con otros electrones aceptores, tales como el nitrato y el sulfato. Brauner & Killingstaad, (1996), reportaron la ocurrencia de biodegradación anaeróbica con otros electrones aceptores además del oxígeno, tales como el nitrato y sulfatos, en condiciones de suelos potentes con contaminación de BTEX.

Por otro lado las muy bajas concentraciones promedias de hierro de 0.13 mg l⁻¹ (Fig.34), son indicadores de las condiciones aeróbicas en los pozos no contaminados y los pozos ubicados en la periferia de la pluma. El pozo PM-01, ubicado 100 m al NNE de la fuente, muestra una pluma con altas concentraciones relativas de hierro (22.63 mg l⁻¹). Según Buxton, et al., (1997), tales condiciones oxidantes son propias de las condiciones aeróbicas de un acuífero. Las concentraciones de oxígeno disuelto de 1mg/l se consideran suficientes para definir esas condiciones aeróbicas (Aronson et al., 1999).

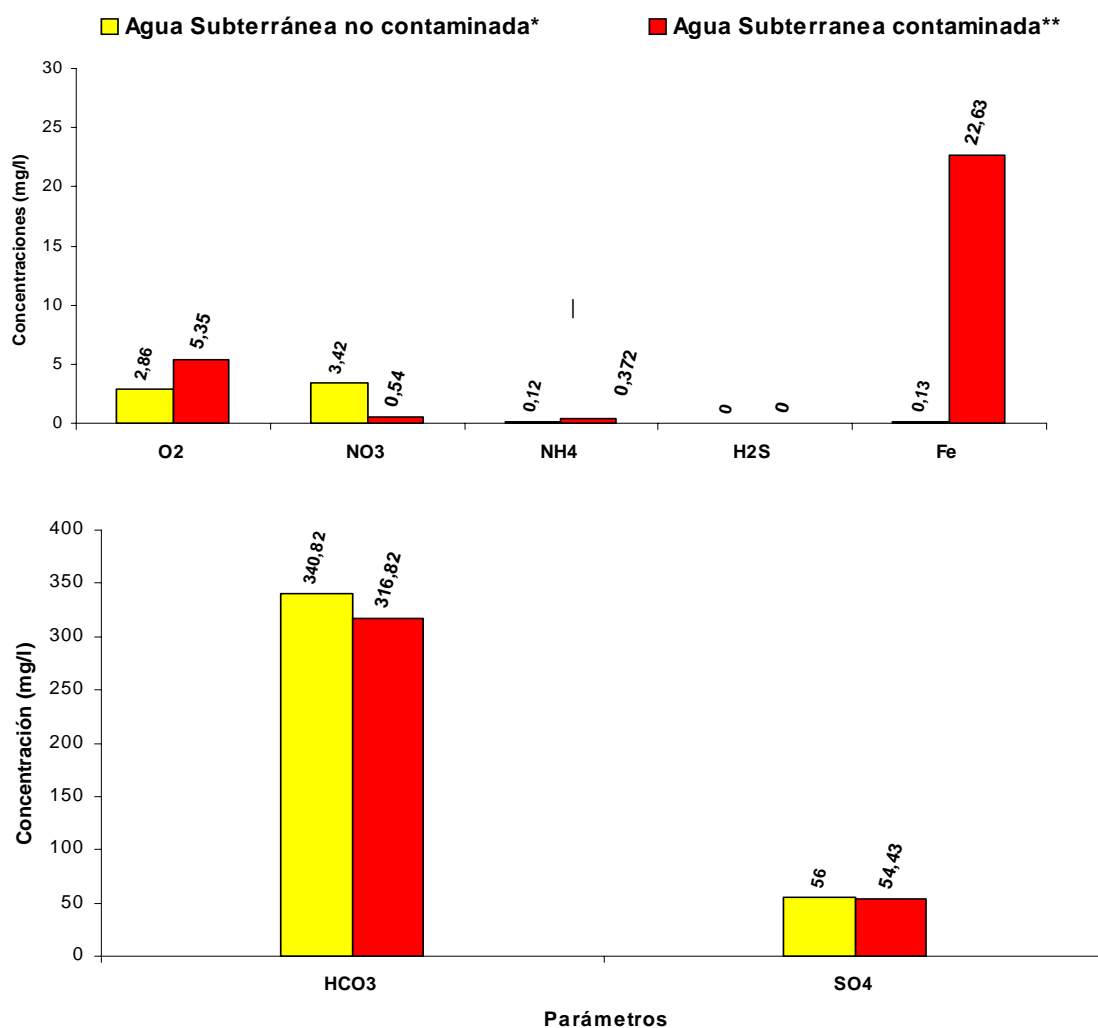


Fig. 34 Indicadores Inorgánicos de Degradación Aeróbica en el Medio Estudiado

La relativa disminución en el potencial redox (Eh) de 392.9 a 301.57 mV fuera de la pluma donde no hay presencia de contaminantes, también es un reflejo del cambio en las condiciones oxidantes del acuífero (Aronson et al., 1999). Es evidente el incremento en las concentraciones de bicarbonato con la disminución del gradiente del flujo subterráneo; así en una zona de descarga local, como en el sitio del derrame, estas concentraciones están siendo influenciadas por los compuestos orgánicos presentes, pudiendo también existir influencia del carbono

orgánico e inorgánico fluyendo en las aguas residuales del sistema de alcantarillado sanitario local. La temperatura (con valor de 25°C y 26.37°C en el agua subterránea y de 30 a 32°C en el ambiente) y el pH casi neutro (6.97 – 7.3), están jugando un papel fundamental, como factores ambientales favorables a la degradación (Sufлита, 1989 a, Paul & Clark, 1989).

La temperatura ideal para la degradación está entre los 30 y 35° C; así mismo las más altas tasas de biodegradación se han observado en condiciones de pH neutro (Kinner, 2001). Al respecto, vale la pena mencionar que los ambientes fríos muestran las tasas más bajas de degradación, debido a la alta viscosidad de los hidrocarburos (Kinner, 2001), pero principalmente por la poca presencia de materia orgánica.

6.6. Comportamiento de los BTEX en los Estratos Muestreados

La Figura 35 presenta la distribución vertical de los compuestos orgánicos encontrados en el material muestreado en toda la columna del pozo de monitoreo (PM-01). Niveles trazas de tolueno (0,27 – 0,73 $\mu\text{g kg}^{-1}$), etilbenceno (0,48 – 0,52 $\mu\text{g kg}^{-1}$) y los isómeros m-xileno (0,21 – 0,55 $\mu\text{g kg}^{-1}$) y p-xileno (0,46–0,76 $\mu\text{g kg}^{-1}$), se encontraron a 100 m de la fuente después de más de 642 días de ocurrido el derrame (Tabla 17). Las concentraciones encontradas están por debajo de valores guías internacionales adoptadas para suelos (Anexo C).

Tabla No. 17 Resultados Analíticos de BTEX en muestras tomadas en los estratos del Pozo
LD: Límites de Detección utilizados en el Laboratorio de Toxicología del **de Monitoreo PM-01** Instituto de Medicina Legal se presentan en el Anexo C

Prof. (m)	Tolueno ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	Etilbenceno ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	p-xileno ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	m-xileno ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
6	0,27	<LD	0,46	0,21
8	0,37	<LD	0,52	0,28
10	0,39	<LD	0,54	0,31
12	0,47	0,48	0,58	0,35
14	0,71	0,51	0,70	0,50
16	0,73	0,52	0,76	0,55
18	0,60	0,50	0,65	0,44

Es evidente que hay una degradación preferencial del benceno y que algunos constituyentes de los BTEX han sido parcialmente adsorbidos a partir de los 6 m de profundidad en los estratos de ceniza y piroclastos sueltos. Aunque estos compuestos son altamente volátiles se han adsorbido a las partículas de arcilla con contenidos máximos de 13% y de limo con contenido máximo de 41% (Tabla 18).

A partir de los 12 m de profundidad en el perfil del suelo, las concentraciones se incrementan hasta llegar al agua subterránea. Este incremento en concentraciones se refleja en los perfiles de granulometría y materia orgánica (Tabla 18, Fig. 36), con un máximo de 0.76%, lo que evidencia la presencia de los compuestos orgánicos en esta zona. Existe así una relación estrecha entre el contenido de materia orgánica, arcilla y limo con la presencia del contaminante (Martínez et al., 2000). El aumento en materia orgánica a los 12 m de profundidad sugiere un incremento en la degradación de los compuestos, dado que es de esperarse poca o ninguna materia orgánica a esta profundidad .

Tabla No. 18 Porcentajes de Arena, Limo, Arcilla y Materia Orgánica en el Perfil del Pozo PM-01

Punto.muest. PP	Interv. (m)	Fracción Arenas %	Fracción Limo %	Fracc.Arcilla %	Mat.Org. %	Clasificación
PM-01-M1	0 - 2	50	36	14	0,30	Franco
PM-01-M2	2 - 4	64	30	6	0,03	Franco Arenoso
PM-01-M3	4 - 6	57	12	1	0	Arenoso
PM-01-M4	6 - 8	90	10	0	0	Arenoso
PM-01-M5	8- 10	78	22	0	0	Areno Limoso
PM-01-M6	10 - 12	86	12	2	0,23	Areno Limoso
PM-01-M7	12 - 14	79	18	3	0,46	Areno Limoso
PM-01-M8	14 - 16	46	41	13	0,76	Franca
PM-01-M9	16 - 18	82	14	4	0,60	Areno Limoso

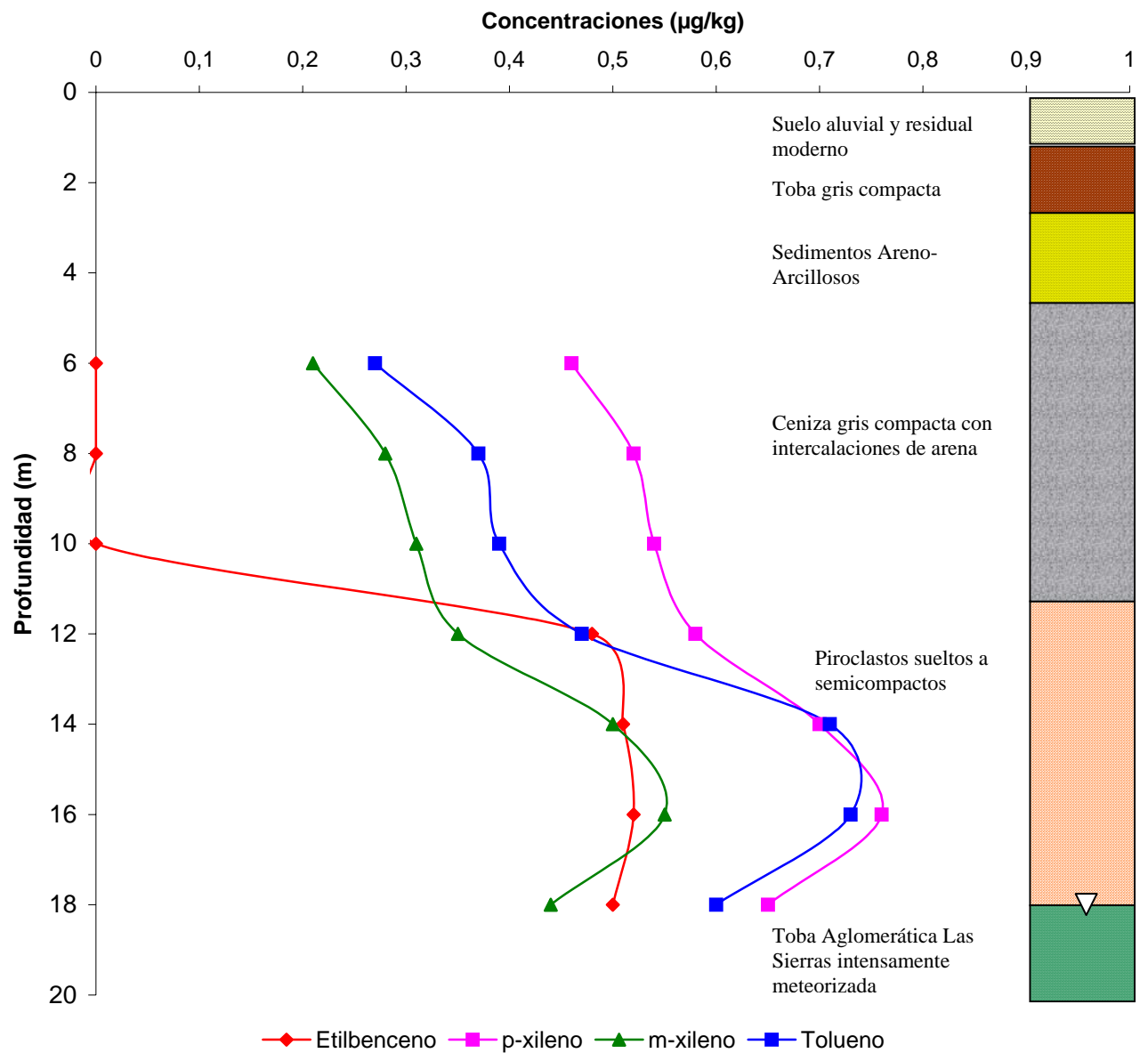


Fig. 35 Distribución Vertical del Tolueno, Etilbenceno y Xilenos en el Pozo Perforado y su Relación con la Columna Estratigráfica

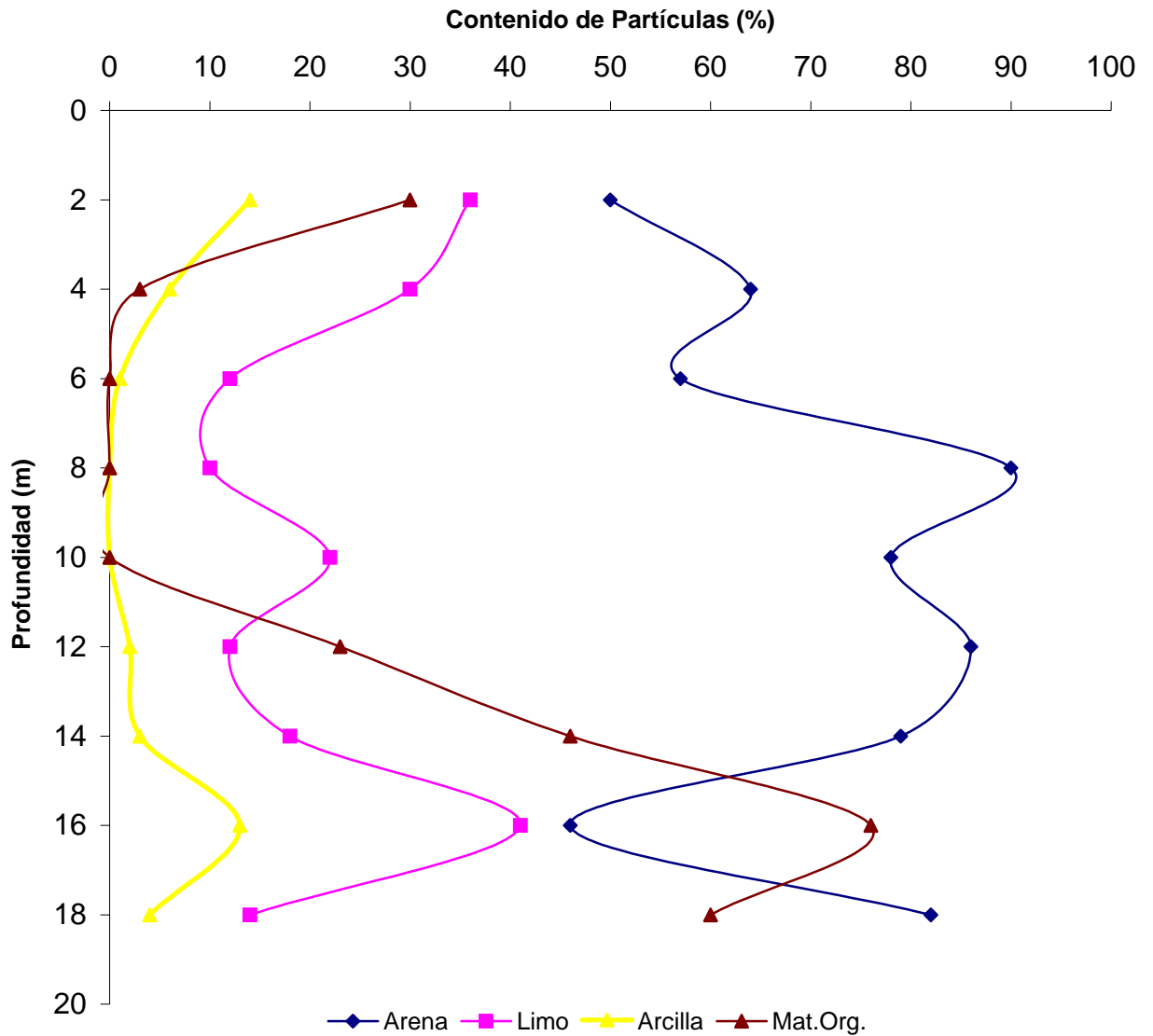


Fig. 36 La gráfica muestra la variación de arena, limo, arcilla y materia orgánica en toda la columna del pozo hasta los 18m. Nótese el incremento de arcilla, limo y materia orgánica a partir de los 10m con una disminución en el contenido de arena.

Nota: Para el contenido de Materia Orgánica los valores se dividen por 100 (ver tabla 18)

En la figura 35, se puede apreciar un comportamiento muy particular del etilbenceno; en los primeros 8 m, este compuesto ha viajado más rápido en la vertical en relación a los otros compuestos, alcanzando rápidamente la capa de piroclastos sueltos donde ha quedado atrapado entre las partículas de arcilla, sin alcanzar el agua subterránea.

El factor de retardación ayuda a explicar este comportamiento (Tabla 19). El etilbenceno tiene un factor de retardación mayor que los otros compuestos, siendo sorbido entre los materiales del subsuelo, donde fácilmente es degradado por las bacterias, evitando así su avance hasta el agua subterránea (Nevin, et, al., 1997).

Tabla No.19 Cálculo del Factor de Retardación para los compuestos encontrados en suelo y agua subterránea. La densidad está basada en la textura de Rifai, H.S., y Hopkins, L., 1995, la Porosidad Efectiva es un parámetro del Acuífero en el Área y la fracción de Carbono Orgánico fue calculado de la fracción de Materia Orgánica en el Pozo de Monitoreo PM-01 .

Compuesto	Densidad (g/cm ³)*	Porosidad Efectiva*	Frac CO f_{oc}^1	Valor de K_{oc}^2	Factor R
Benceno	1,40	0,25	0,001	58.9	1,33
Tolueno	1,40	0,25	0,001	182	2,02
Etilbenceno	1,40	0,25	0,001	622	4,48
o-Xileno	1,40	0,25	0,001	363	3,03
p-Xileno	1,40	0,25	0,001	389	3,18
m-Xileno	1,40	0,25	0,001	407	3,28

Fuente: Leaking Petroleum Storage Tanks. Minnesota Pollution Release Sites, 2000.

¹ Cálculo presentado en el Anexo D

² Adaptado de: U.S.EPA, 1999, Soil Screening Guidance: Technical Background Document, Office of Emergency and Remedial Response, Washington, D.C., EPA/540/R-96/018

6.7 Comportamiento de los BTEX en el Agua Subterránea

Los resultados de los análisis químicos (Tabla 20, Anexos E y F) en el agua subterránea muestran un agotamiento preferencial del benceno, etilbenceno y el o-xileno, desde la fuente del derrame hasta el pozo de monitoreo PM-01 (Fig. 37). No se detectaron concentraciones en ninguno de los pozos muestreados (Campo Las Mercedes, pozos excavados Las Delicias y manantial) indicando que con el tiempo las concentraciones de estos contaminantes en el agua subterránea tienden a disminuir dado los procesos inherentes de bioremediación intrínseca.

Tabla No. 20 Resultados de Análisis Químicos de las Muestras tomadas en Pozos de Abastecimiento (Campo de Pozos las Mercedes), Pozos Excavados, Manantial y Pozo de Monitoreo (PM-01)

Parámetros	Agua Subterránea Pozos y Manantial muestreados Concentraciones ($\mu\text{g l}^{-1}$)		Agua Subterranea Pozo de Monitoreo PM-01 Concentraciones ($\mu\text{g l}^{-1}$)	
	LTIML	U.W. Canada	LTIML	U.W. Canada
Benceno	0	0	< LD	0,00
Tolueno	0	0	0,21	10,00
Etilbenceno	0	0	0	0,00
P y M-Xileno	0	0	0,43	1,64
O-Xileno	0	0	0	0,00
1,3,5-Trimetilbenceno		0		0,00
1,2,4-Trimetilbenceno		0		0,00
1,2,3-Trimetilbenceno		0		43,33
Naftaleno		0		1,29

El agotamiento del benceno puede ser el resultado de la volatilización ocurrida desde el inicio del derrame, dada su presión de vapor relativamente elevada y su bajo peso molecular (Christensen & Elton, 1999). La biodegradación aeróbica del benceno y otros componentes, también pudo haber ocurrido en la franja capilar y en la zona de contacto aire/suelo, muy próximo a la fuente (Sauck 1998), ya que el mismo no se encontró ni en el perfil de suelo ni en el agua subterránea muestreados en el pozo de monitorio PM-01.

A pesar del agotamiento del benceno, se encontraron en el pozo de monitoreo PM-01 concentraciones de tolueno ($10 \mu\text{g.l}^{-1}$), p,m-xileno ($1,64 \mu\text{g.l}^{-1}$), indicativo que los mismos han avanzado esta distancia (110 m) en la dirección del flujo local del agua subterránea. Las concentraciones reportadas de los compuestos estudiados están por debajo de las normas establecidas por varios organismos internacionales, como la Organización Mundial de la Salud, Agencia de Protección Ambiental, Guía Canadiense para la Calidad del Agua, Comunidad Económica Europea y CAPRE, (Anexo C).

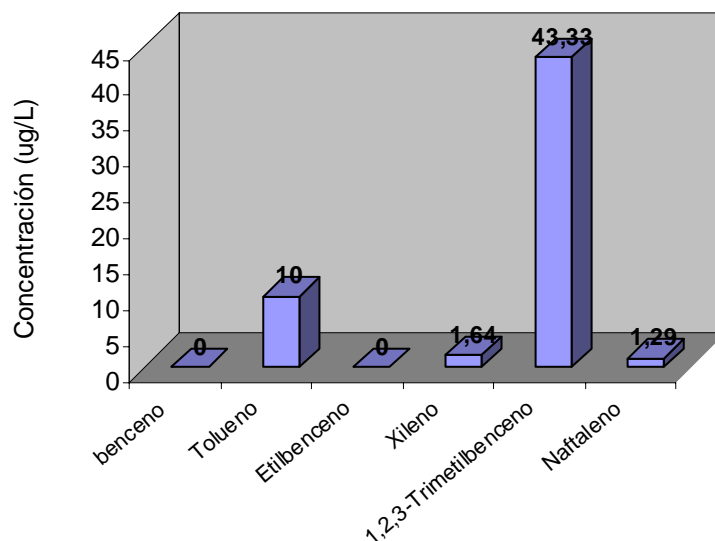


Fig. 37 Comportamiento de los Compuestos Orgánicos Encontrados en el Agua Subterránea en el Pozo de Monitoreo PM-01

Otros componentes de la gasolina como el 1,2,3-Trimetilbenceno y naftaleno, fueron encontrados en la muestra de agua del pozo de monitoreo PM-01, en concentraciones de $43,33 \mu\text{g l}^{-1}$ y $1,29 \mu\text{g l}^{-1}$. Esto puede deberse a que no se degradan fácilmente en un ambiente oxidado propio del agua subterránea local. Estos compuestos a la fecha no están normados por lo que no existen estándares para comparar. En febrero 2005 la EPA (EUA) anunció la segunda lista de candidatos de contaminantes de agua potable (Drinking Water Contaminants List CCL, USEPA) en la cual incluye el 1,2,3-trimetilbenceno. Es importante subrayar que para este compuesto, la Unión Europea y la OMS han establecido valores límites ambientales de 20 mg l^{-1} ($0,002 (\mu\text{g .l}^{-1})$) en agua y 100 mg/m^3 en suelo.

El naftaleno, tiene un efecto tóxico bajo, pero desencadena en algunas personas reacciones alérgicas (informes de casos aislados). No existe información sobre el potencial carcinógeno o mutágeno, pero se ha demostrado que constituye una amenaza real para los fetos (Stellman et al., 2000).

Dentro del área de posible influencia del derrame los resultados analíticos de los compuestos BTEX fueron negativos en los tres períodos de muestreo (Anexo 2), esto puede deberse a que el contaminante ha sido diluido por el agua de recarga

no contaminada, aumentando la biodegradación cerca del nivel freático por la introducción de oxígeno. El transporte de oxígeno en el agua no contaminada debajo de la pluma también está aumentando la biodegradación aeróbica y causa una remoción significativa de los BTEX. Resultados similares se encontraron en un sitio de derrame en Carolina del Norte, USA (Kao, et al.,1999).

En consecuencia la composición y propiedades físicas en la pluma de producto libre y residual así como en el medio circundante cambian y evolucionan con el tiempo. Así, es de esperarse que en los primeros meses, a partir del derrame de gasolina de Mayo del 2003, las concentraciones de BTEX decrecieran significativamente por tratarse de un acuífero aeróbico, resultando en la oxidación del compuesto original .

De acuerdo a Kao (1999) y Kinner (2001), las plumas de BTEX se mueven aproximadamente a 100 m de la fuente. En este estudio eso se comprueba con la amplia anomalía conductiva, característica de la pluma, en el perfil geoelectrico P-1, realizado 100 m al norte del sitio del derrame.

Los resultados analíticos en el pozo de monitoreo PM-01, sugieren que el margen de la pluma esta aproximadamente a 110 m gradiente abajo de la fuente, con una extensión transversal de aproximadamente 130 m, limitada por la biodegradación y dilución a los lados de la pluma. Al respecto, es importante subrayar que los pozos exploratorios de la Empresa Carl Bro, dieron resultados negativos al haber ubicado las perforaciones fuera de la pluma del contaminante.

Dada la gran distancia horizontal de más de 2 Km. gradiente abajo, es de esperarse que no haya impacto en los pozos excavados de consumo, manantiales y en Lago de Managua, si persisten algunos productos ambientales de degradación de la gasolina, de acuerdo a la velocidad de la pluma contaminante calculada de la ecuación 6.6.

Un tema de preocupación son los efectos tóxicos de los BTEX en la salud humana. Todos los BTEX como grupo presentan efectos tóxicos agudos y hay evidencias de esto a altas concentraciones(Stellman et al., 2000). La exposición

local en el acuífero es mínima, pero puede ser persistente a largos períodos de tiempo (efectos a largo plazo).

Igualmente importante son los cambios significantes en las propiedades de los suelos y rocas (textura, reología). De hecho, estudios de laboratorio (Martínez y López, 2001) han demostrado la importancia que requiere remediar el terreno contaminado a niveles aceptables para prevenir futuros colapsos de fundaciones y otras obras de infraestructura humana.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los objetivos planteados en este proyecto de tesis, a partir del derrame de 5 320 galones de gasolina ocurrido en Mayo de 2003 en la Texaco de la Colonia Unidad de Propósito, se concluye lo siguiente:

Conclusiones

1. La metodología aportada por este estudio de tesis demostró ser ágil y efectiva para caracterizar sitios contaminados de cara al manejo efectivo de los derrames de gasolina.
2. El levantamiento geológico permitió reconocer una zona de fractura (falla inactiva) de material permeable y heterogéneo, la cual está controlando la dirección del flujo y caracterizando al medio por donde el contaminante tuvo un movimiento descendente rápido.
3. El contaminante se ha movido de la zona de fractura al bloque tectónico hundido al Oeste, donde está ocurriendo una remediación intrínseca o biodegradación tanto aeróbica como anaeróbica en la zona no saturada de alta permeabilidad con 18 m de potencia hasta alcanzar el nivel freático.
4. El método geofísico de resistividades es efectivo para la caracterización geoeléctrica de zonas contaminadas de hidrocarburos, permitiendo establecer áreas blanco (target areas) objetos de estudios geoquímicos y de remediación, lo mismo que una optima localización de pozos de monitoreo. La observación de las zonas con anomalías geofísicas es discriminante, producto de una alteración en el medio por los compuestos derramados, comportándose el medio contaminado altamente conductivo.
5. Los resultados de los BTEX indican que el benceno se evaporó más rápidamente con la distancia desde la fuente y que el tolueno, m,p-xileno y otros componentes de la gasolina han emigrado 110 m fuera del sitio del derrame. Esto se comprueba con la amplia anomalía conductiva en el perfil geoeléctrico P-1 y los análisis realizados en los estratos y el agua subterránea del pozo de monitoreo. El etilbenceno se encuentra en un

estado estacionario atrapado en las partículas de arcilla entre los 12 y 18 m de profundidad.

6. Dada la gran distancia horizontal de más de 2 Km. gradiente abajo, es de esperarse que no haya impacto en los pozos excavados de consumo, manantiales y en el Lago de Managua.

Recomendaciones

Este estudio estaba determinado a llamar la atención sobre la necesidad de estudios básicos para establecer: 1) como medida preventiva, la ubicación adecuada de las estaciones de gasolina y 2) en caso de ocurrencia de derrame accidental de hidrocarburos, los planes geológicos, geofísicos y de monitoreo con tecnología adecuada para el estudio de la migración y dispersión de la pluma contaminante con vista a la remediación del área afectada. Una vez que se han obtenido resultados satisfactorios, producto de este estudio, se recomienda:

1. Regulación para el establecimiento de gasolineras:

- a. Institucional:

- i. Exigir la realización de estudios geológicos- geotécnicos para garantizar la ubicación adecuada de las mismas, evitando zonas críticas como fallas y terrenos blandos, según lo mandata la Matriz de Planificación Urbana Vigente para la ciudad de Managua.
- ii. Supervisión de la calidad en la construcción y en los materiales utilizados en los tanques, depósitos y válvulas entre otros.

- b. Empresarial:

- Cumplir con los requisitos de ubicación y de calidad para una operación económica, segura y de calidad a la población, aplicando las disposiciones vigentes del “Reglamento de Gasolineras para el área del Municipio de Managua”, de 1982.

2. Guías Técnicas – Científicas ante ocurrencia de derrame

- a. Reconocimiento geológico del sitio del derrame y alrededores, identificación de los elementos claves como estratigrafía, estructuras presentes, profundidad del nivel freático, dirección y gradiente del flujo entre otros. Se podrán hacer catas exploratorias para tal fin.
- b. Realización de perfiles geofísicos transversales a las principales estructuras y a la dirección del gradiente hidráulico. Debe emplearse un complejo de métodos geofísicos. En el área de Managua son particularmente aplicables los métodos geoeléctricos incluyendo la tomografía eléctrica. Esta técnica resultó útil para identificar la pluma contaminante en el medio y su dispersión tridimensional a como se trató en el capítulo VII.
- c. Muestreo de suelos y aguas superficiales y subterráneas contaminadas y sin contaminar, en pozos de abastecimiento existentes y perforación de pozos de monitoreo ubicados estratégicamente de acuerdo a los resultados de la geología y la geofísica.
- d. Análisis de laboratorio de los compuestos de hidrocarburos más peligrosos, medición de parámetros in situ, análisis de otros indicadores inorgánicos y combinarlos con análisis bacteriológicos
- e. Análisis de la interrelación de todos los datos obtenidos, para la toma de decisión aplicable a la situación ambiental planteada y su remediación
- f. En caso de ocurrir un derrame muy cerca de una fuente de abastecimiento es necesario utilizar técnicas de remediación inmediatas tales como:
 - Biodegradación: Inyección de oxígeno y nutrientes para promover más rápidamente la degradación de los compuestos.

-Extracción de la fase vapor para remover los orgánicos volátiles de la zona no saturada. Se colocan tubos en el suelo y se aplica un vacío para volatilizar los compuestos orgánicos.

-Bioventilación: Instalación de pozos de inyección y extracción, para inyectar aire, humedad y nutrientes para estimular la degradación biológica de los compuestos. Con este proceso se pueden remover tanto los compuestos volátiles, como los contaminantes pesados como el diesel y aceite.

-Tratamiento con carbón activado: este tratamiento es usado después que se ha bombeado el agua fuera del acuífero. El agua contaminada se pasa a través de una unidad de carbón activado donde los orgánicos son adsorbidos y colectados. Esto se lleva a cabo mediante la adsorción de la sustancia química dentro de la matriz de carbón. Este proceso es usado para remover relativas bajas concentraciones.

- g. Debe hacerse énfasis en no permitir la perforación de pozos aguas abajo en la dirección del flujo, mientras una evaluación no certifique que el área del derrame haya sido efectivamente limpiada del contaminante. Aún así deberá hacerse una revisión periódica y sistemática de la calidad del agua para consumo.
- h. Debe hacerse un reconocimiento geológico – geofísico, según la metodología aquí empleada, de las gasolineras con derrames y sitios de contaminación de hidrocarburos a nivel nacional, para delimitar la naturaleza y extensión del contaminante.
- i. Debe hacerse un monitoreo geológico – geofísico a las estaciones de gasolina con más de diez años de servicios, lo que debería planificarse como un proceso continuo a intervalos de 5 años en las gasolineras de la capital y áreas críticas del país y de 10 años a nivel nacional.

VIII. BIBLIOGRAFÍA:

- 1.- **Alleman, B., Leeson, A. (Eds), 1997.** "In situ and On-site Bioremediation", Vol.1. *Battelle Press*, Columbus, OH.
- 2.- **Appelo C., Postma D., 1999.** *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. AA/Balkema/Rotterdam/Brookfield/.
- 3.- **Aronson, D*, Citra, M*, Shuler, K*, Printup, H*, Howard, P*, Weber, E**, 1999.** Aerobic Biodegradation of Organic Chemicals in Environmental Media: A Summary of Field and Laboratory Studies. *Environmental Science Center, Syracuse Research Corporation. **U:S Environmental Protection Agency, office of Research and Development
- 4.- **Atekwana E., Cassidy D., Magnuson C., Endres A., Werkema D Jr., Sauck W., 2001:** Changes in geoelectrical properties accompanying microbial degradation of LNAPL. SAGEEP proceedings, OCS_1.
- 5.- **Atekwana E., Sauck W., Douglas D., Werkema Jr., 1998:** Investigations of Geoelectrical Signatures at a Hydrocarbon contaminated site. *Journal of Applied Geophysics* 44 (2000), 167-180.
- 6.- **Baedecker, M.J., Cozarrelli, L.M., Eganhouse, R.P., Siegel D.I., Bennet, P.C., 1993:** Crude oil in shallow sand and gravel aquifer: III. Biogeochemical reactions and mass balance modeling in anoxic groundwater. *Applied Geochemistry* 8, 569-586.
- 7.- **Balkwill, D., Rucinski, T., and Casida Jr., L., 1977:** Release of microorganism from Soil with respect to transmission electron microcopy viewing and plate counts; Antonie Van Leeuwenhoek ed., *Journal of Microbiology and Serology*, c. 43, pp. 73-87.
- 8.- **Bedient, P., 1994:** Groundwater Contamination, Transport and Remediation, Prentice Hall PTR. Groundwater Pollution Primer CE 4594: Soil and Groundwater Pollution. Civil Engineering Dept. Virginia Tech.
- 9.- **Bennett, P., Siegel, D., Baedecker, M., Hult, M., 1993:** Crude oil in a shallow sand and gravel aquifer: I. Hydrogeology and Inorganic Geochemistry. *Applied Geochemistry* 8, 529-549.
- 10.- **Benson, A., Stubben, M., 1995:** Interval resistivities and very low frequency electromagnetic induction- and aid to detecting groundwater contamination in space and time: a case study. *Environmental Geosciences* 2, 74-84.
- 11.- **Benson, A., Mutsoe, N., 1996:** DC resistivity, ground penetrating radar, and soil and water quality data combined to assess hydrocarbon contamination: a case study. *Environmental Geosciences* 3, 165-175

- 12.-Benson, A., Payne, K., Stubben, M., 1997:** Mapping groundwater contamination using DC resistivity and VLF geophysical methods- a case study. *Geophysics* 62, 80-86.
- 13.- Bethune D., 1991:** Field and Modelling Studies of Groundwater Contamination of Laguna Asososca, Managua, Nicaragua. Tesis de Maestría en Ciencias de la Tierra. Waterloo, Ontario, Canadá.
- 14.- Borden R., Gómez C., Becker M., 1995:** Geochemical Indicators of natural bioremediation. *Ground Water* 33, 180-189.
- 15.- Brauner., S., Killingstad, M., 1996:** In situ Bioremediation of Petroleum Aromatic Hydrocarbons. *Groundwater Pollution Prime*. CE 4594: Soil and Groundwater Pollution. Civil Engineering Dept. Virginia Tech.
- 16.- Burke, J., 1999:** Bioremediation of an Oil Spill. President of Waterrose Environmental, British Columbia, Canadá.
- 17.- Buxton, H., Landmeyer, J., Baehr, A., Church, C., Tratnyek, P., 1997:** Interdisciplinary Investigation of Subsurface Contaminant Transport and Fate at Point-Source Releases of Gasoline containing MTBE. Published in: Proceedings of the 1997 Petroleum Hydrocarbons and Organic Chemicals in Ground Water.
- 18.- Contaminación de Aguas Subterráneas, CIRA/UNAN 2003:** Manual de curso corto impartido en la Maestría en Ciencias del Agua. 1 al 5 de Septiembre.
- 19.- Corseuil, H., Schneider, M., Rosario do, Mario., 1998:** Natural Attenuation Rates of Ethanol and BTEX Compounds in Groundwater Contaminated with Gasohol.
- 20.- Cozzarelli, I., Eganhouse, R., Baedecker, M., 1990.** Transformation of monoaromatic hydrocarbons to organic acids in anoxic groundwater environment. *Environmental Geology Water Sci.* 16, 135-141.
- 21.- Cruz O., 1997:** Modelaje del Acuífero de Managua y su Rendimiento Sostenible. Tesis MSc. Manejo de Recursos Hídricos e Hidrogeología. Universidad de Costa Rica.
- 22.- Chiou, C., Peters, L., Freed, V., 1979:** A Physical Concept of Soil-Water Equilibria for Non Ionic Compounds; *Science*, v22, pp. 831-832.
- 23.- Chiou, C., Schmedding, D., Manes, M., 1982:** Partitioning of Organic Compounds on Octano-Water Systems; *Environmental Science and Technology*, v. 16, pp.4-10.

- 24.- **Custodio E., Llamas M.,1981:** Hidrología Subterránea. Segunda Edición. Tomo I. Ediciones Omega, S. A. – Plató- Barcelona-6.
- 25.- **Christensen J.S and Elton J., 1996:** Soil and Groundwater Pollution from BTEX. Groundwater Pollution Primer .
- 26.- **Dames and Moore 1978:** Estudio Geológico del Sistema Metropolitano: Tipitapa, Masaya, Granada, Carazo. Vice Ministerio de Planificación Urbana. Managua, Nicaragua.
- 27.- **Dahlin, T., 1996** 2D Resistivity Surveying for Environmental and Engineering Applications. First Break 14:275-283
- 28.- **Davis, G., Johnston, C., Thierrin, J., Power, T., Patterson, B., 1993:** Characterising the distribution of dissolved and residual NAPL petroleum hydrocarbons in unconfined aquifers to effect remediation. AGSO J. Geol. Geophys. 14 (2), 89 94.
- 29.- **Davis, G., Barber, C., Power, T., Thierrin, J., Patterson B., Rayner, J., Qinglong Wu., 1998:** The Variability and Intrinsic Remediation of a BTEX plume in Anaerobic sulphate-rich groundwater. Journal of Contaminant Hidrology 36 (1999), pp 265-290.
- 30.- **Eganhouse, R., Baedecker, M., Cozzarelli, I., Aiken, G., Thorn, K., Dorsey, T., 1993.** Crude oil in a shallow sand and graver aquifer: II. Organic geochemistry. Applied Geochemistry 8, 551-567.
- 31.- **Environmental Protection Agency, 1989:.** Transport and fate of Contaminants in the subsurface. Handbook ground water; Volume II.
- 32.- **Environmental Protection Agency Feb. 1994:** National Primary Drinking Water Standards, Office of Water.
- 33.- **Fargo, C., 1993:** The Biodegradation potenctial of methanol, benzene and m-xylene in a saturated subsurface environment, Virginia Tech. V.20, 30-39
- 34.- **Fetter, C.W., 1994:** Applied Hydrogeology , 3era Edición. Prentice-Hall, Inc. A Simon & Schuster Company, Englewood Cliffs, New Jersey 07632. 472-487
- 35.- **Frind, E., Hokkanen, G., 1987.** Simulation of the Borden plume using the alternating direction galerkin technique: Water Resources Research, v.23, no.5, pp 910-930.
- 36.- **Gajdos, V., Kral, V., 1995.** Influence of hydrocarbon pollution to soil conductivity. Proceedings of the Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems (SAGEEP 95), Orlando , Fl, pp 785-789.

- 37.- **Geotechnical and Environmental Geophysics, 1997:** Volume II: Environmental and Groundwater. Edited by Stanley H. Ward. Society of Exploration Geophysicist.
- 38.- **Grumman, D., Daniels, J., 1995.** Experiments on the detection of organic contaminants in the vadose zone. *Journal of Environmental and Engineering Geophysics*, 31-38.
- 39.- **Henderson, J.E., G.R. Peyton and W.H. Glaze, 1976.** A convenient liquid-liquid extraction method for the determination of halomethanes in water at the parts-per-billion level. IN: Identification and analysis of organic pollutants in water. Keith, L.H. ed. Ann Arbor Science Publishers Inc., Ann Arbor, MI. 235-246
- 40.- **Hinchee, R., Wilson, J., Downey, D., (Eds., 1995).** *Intrinsic Bioremediation*, Batelle Press, Columbus, OH. 65-72
- 41.- **Hradecký, P., Hacíček, P., Navarro M., Novák, Z., Staník, E., Sebesta, J., 1997:** Estudio para el Reconocimiento de la Amenaza en el Área de Managua. Servicio Geológico Checo, INETER, Managua, Nicaragua.
- 42.- **Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados 1993:** Proyecto de Abastecimiento de Agua en Managua. Informe Final.
- 43.- **JICA 1993:** The Study on Water Supply Project in Managua. Supporting Report. Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados.
- 44.- **Kao, C., Borden, R., 1997a:** Site specific variability in BTEX biodegradation under denitrifying conditions. *Ground Water* 35, 53-64.
- 45.- **Kao, C., Borden, R., 1997b:** Enhanced Biodegradation of BTEX in a nutrient briquet-peat barrier system. *Journal of Environmental Eng.* 123, 18-24.
- 46.- **Kao, C., Wang, C., 1999:** Control of BTEX Migration by Intrinsic Bioremediation at a Gasoline Spill Site. *Water Resources* Vol. 34, No.13, pp 3413-3423, 2000.
- 47.- **Karickhoff, S., 1984:** Organic Pollutant Sorption on Aquatic Systems; *Journal of Hydraulic Engineering*, v.10, pp.833-846.
- 48.- **Karickhoff, S., 1981:** Semi Empirical Estimation of Sorption of Hydrophobic Pollutants on natural sediments and Soils; *Chemosphere*, v.10, pp.833-846.
- 49.- **Kenaga, E., & Goring, C., 1980:** Relationship between Water Solubility, soil sorption, octanol-water partitioning and concentrations of chemicals in Biota; In *Aquatic Toxicology*, Third Conference, J.G Eaton, P.R. Parrish and A.C. Hendricks, Editors. ASTM Special Publication 707. American Society for Testing Materials, Philadelphia, PA., pp. 78-115.

- 50.- **Kennedy, L., 1992:** Site characterisation at pipeline spill at Park City, Kansas: Estimating hydraulic and geochemical constraints on bioremediation. In Bioremediation of Hazardous Wastes. U.S-EPA document EPA/600/R-92/126, pp 7- 9.
- 51.- **Kinner, N., 2001:** Fate, Transport and Remediation of MTBE. Bedrock Bioremediation Center. University of New Hampshire, Durham, NH.
- 52.- **Kuznetsov, S., Ivanov, N., Lyalikova N., 1963.** The distribution of bacteria in groundwaters and sedimentary rocks: In introduction to Geological Microbiology, Editor C. Oppenheimer. McGraw-Hill Book Co., New York, NY
- 53.- **Kimmel, G., and Braids O., 1980.** Leachate Plumes in groundwater from Babylon and Slip landfills, Long Island, New Yoork: Professional Paper
- 54.- **Loke, M.H., Barker, R.D., 1996.** Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi Newton method. Geophysical Prospecting 44, 131-152.1085, U.S. Geological Survey, Reston, V.A.
- 55.- **Loke, M.H., 1997.** Rapid 2D resistivity inversion using the least squares method, Manual for RES2DINV, Geoelectrical Imaging 2D and 3D, 43 p
- 56.- **López J., 1995:** Introducción a la Metodología de la Investigación Científica. Centro de Investigaciones y Estudios de la Salud. Cuarta Edición.
- 57.- **Martínez, V., López, F., 2001.** Efecto de Hidrocarburos en las Propiedades Físicas y Químicas de Suelos Arcillosos. Publicado en Terra 19, 9-17
- 58.- **Martinez W., 1992 :** Tectonic and Volcanic Geology of the Nejapa Volcanic Alignment in Managua, Nicaragua. Niigata University. PhD Thesis, Japan.
- 59.- **Mazác, O., Benes, L., Landa, I., Mas'kova, A., 1990.** Determination of the extent of oil contamination in groundwater by geoelectrical methods. In: Ward, S.H. (Ed). Geotechnical and Environmental Geophysics Vol II. Pp 107-112
- 60.- **MacFarlane, D., Cherry, J., Gillham, R., and Sudicky, E., 1983.** Migration of contaminants in groundwater at landfill: A case study. Groundwater flow model and plume delineation: Journal of Hydrology, v. 63, pp 1-29
- 61.- **McMahon, P., Vroblesky, D., Bradley, P., Chapelle, F., Guller, C., 1995.** Evidence of enhanced mineral dissolution in organic acid-rich shallow ground water. Ground Water 33, 207-216.
- 62.- **McCarty, P., 1985: Application of Biological Transformations in Groundwater;** In Proceedings Second International Conference on Groundwater Quality Research, N. N. Durham and A.E. Redelfs, Editors. National Center for Groundwater Research, Stillwater, OK.

- 63.- McCarty, P., Rittmann, B., and Bouwer, E., 1984:** Microbiological Processes affecting Chemical Transformations in Ground Water Pollution Microbiology, G. Bitton and C.P. Gerba, Editors. John Wiley & Sons, New York, NY.
- 64.- McCarty, P., Reinhard, L., and Rittmann, B., 1981:** Trace Organics in Groundwater; Environmental Science and Technology, v.15, pp.47-51
- 65.- Monier-Williams, M., 1995:** Properties of light non-aqueous phase liquids and detection using commonly applied shallow sensing geophysical techniques. Proceedings of the Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems (SAGEEP 95), Orlando, FL, pp 1-13.
- 66.- Nevin, P., Connor, J., Newell Ch., Gustafson, J., Lyons, K., 1997:** A Natural Attenuation Calibration Tool for Groundwater Fate and Transport Modeling. Groundwater Services Inc. Houston, Texas.
- 67.- Olhoeft, G., 1992.** Geophysical detection of hydrocarbon and organic chemical contamination. Proceedings of the Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems (SAGEEP 92), Oakbrook, IL, pp 587-595.
- 68.- Paul, E., & Clark, F., 1898:** Soil Microbiology and Biochemistry; Academic Press, Inc., San Diego, CA.
- 68.- Schwarzenbach, R., and Westall, J., 1981:** Transport of non Polar Organic Compounds from Surface Water to Groundwater; Laboratory Sorption Studies; Environmental Science and Technology, v.15, pp. 1360-1367.
- 69.- Schosinsky G & Losilla M.,2000:** Modelo Analítico para determinar la infiltración con base a la lluvia mensual. Revista Geológica de América Central, 23:43-55, 2000.
- 70.- Stellman, J., Osinsky, D., Markkanen, P. 2000:** Guia de Productos Químicos. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo; Cap.104, Tomo 4 España. 312-313.
- 71.- Siegrist, M., and McCarty, P., 1987:** Column Methodologies for determining sorption and biotransformation potential for chlorinated aliphatic compounds in aquifers; Journal of Contaminant Hydrology, v. 2, pp. 31-50
- 72.- Suflita, J., 1989 a:** Microbial Ecology and Pollutant Biodegradation in Subsurface Ecosystems: in Transport and Fate of Contaminants in the Subsurface, U.S. Environmental Protection Agency.
- 73. Suwar-NICARAGUA, 2000:** Vulnerabilidad Hidrogeológica del Acuífero de Managua. Estrategia de Protección para el Acuífero de Managua. MARENA, Real Universidad Politécnica de Estocolmo (KTH).

- 74.- SUWaR-NICARAGUA, 2000:** Estimación del Peligro Potencial de Contaminación en el Acuífero de Managua. Estrategia de Protección para el Acuífero de Managua. MARENA, Real Universidad Politécnica de Estocolmo (KTH).
- 75.- Symons J., 1992:** Drinking Water- Refreshing answers to all your questions, Texas A & M University Press. 38-42
- 76.- Updegraff, D., 1982:** Pluggin and penetration of petroleum reservoir rock by microorganisms: Proceedings of 1982 International Conference on Microbial Enhancement of Oil Recovery, Mayo 16-21, Shangri-La, Afton, OK. 235-243

ANEXO A.

Formato y Datos de Campo de Pruebas de Infiltración



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de
Nicaragua



MAESTRIA EN CIENCIAS DEL AGUA

Registro de: PUEBA DE INFILTRACION - Método Doble Anillo

Fecha: 19/02/04	Ubicación: Detrás Gasolinera	'Nombre del analista: Ma. Elena López	
Hora Inicio: 11:30	Coordenadas: 1342873N	'Firma del analista: _____	
Hora Final: 5:00	588331E	Prueba No. 2	

Período	Hora	Descenso (cm)	Observaciones	Período	Hora	Descenso (cm)	Observaciones	Período	Hora	Descenso (cm)	Observaciones
Minuto a minuto	__:__:__			Minuto a minuto	__:__:__			C. 5 min	__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__			Cada 5 minutos	__:__:__			Cada 10 minutos	__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__			Cada 20 minutos	__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__			C. 30 min.	__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		
	__:__:__				__:__:__				__:__:__		

Diametro de anillo Interno (cm): 30	h de anillo interno (cm) : 19
Diametro de anillo Externo (cm): 46	h de anillo externo (cm) : 23
Profundidad penetración anillo interno (cm): 31.5	Profundidad penetración anillo externo (cm): 20
Observaciones: _____	

PRUEBAS DE INFILTRACION (DOBLE ANILLO)

Prueba No.1

Fecha: 190204 Ubicación:

Finca Las Delicias

Coordenada Este: 588861

Inicio: 9:28 a.m

Coordenada Norte: 1344062

Final: 4:30 p.m

Elevación: 51m

TIEMPO (min)	ALTURA (cm)	ALTURA (cm)	DIFERENCIAL (cm)	INFILTRACION (mm/h)
0	16,0		0	
5	12,5		3,5	420
10	12,0		0,5	30
20	11,8		0,2	6
30	11,5		0,3	20
40	11,0		0,5	7,5
50	10,5		0,5	6
70	10		0,5	5
100	9,5		0,5	4
110	9,0		0,5	4
140	8,8		0,2	1
150	8,4	16	0,4	2
160		15,4	0,6	3
170		14,9	0,5	3
180		14,5	0,4	2
190		14,3	0,2	1
200		13,9	0,4	2
210		13,5	0,4	1
220		13	0,5	1
250		12,8	0,2	1
260		12,5	0,3	1
280		12,3	0,2	1
290		12	0,3	1
300		11,8	0,2	1

PRUEBAS DE INFILTRACION (DOBLE ANILLO)

Prueba No.2 **Fecha: 190204** **Ubicación: Costado Norte Sitio de Derrame**
Coordenada Este: 588331 **Inicio: 11:28 a.m**
Coordenada Norte: 1342873 **Final: 5:00 p.m**
Elevación: 64m

TIEMPO (min)	ALTURA (cm)	ALTURA (cm)	DIFERENCIAL (cm)	INFILTRACION mm/h
0	18		0	
5	13,5		4,5	540
10	12		1,5	90
20	10		2	60
30	9		1	20
40	7,5		1,5	22,5
50	5,5		2	24
60	4,5	18	1	10
70		14,5	3,5	30
80		11	3,5	26
90		9	2	13
100		7	2	12
110		5,5	1,5	8
120	18	4	1,5	8
130	16,5		1,5	7
140	15		1,5	6
150	13,8		1,2	5
180	12	18	1,8	6
210		17	1	3
240		15,8	1,2	3
270	18	14,9	0,9	2
300	17,3		0,7	1
330	17,3		0	0

PRUEBAS DE INFILTRACION (DOBLE ANILLO)

Prueba No.3

Fecha: 200204 Ubicación:

Terrenos de Almagro

Coordenada Este: 588331

Inicio: 12:24 p.m

Coordenada Norte: 1342100

Final: 5:48 p.m

Tiempo (min)	ALTURA (cm)	ALTURA (cm)	DIFERENCIAL	INFILTRACION (mm/h)
0	18		0	
5	15		3	360
10	14		1	60
20	13		1	30
21	12,4	18	0,6	17,1
31		17,5	0,5	9,7
36		17	0,5	8,3
41		16,5	0,5	7,3
46		16,1	0,4	5,2
51		15,8	0,3	3,5
56		15,5	0,3	3,2
61		15	0,5	4,9
66		14,5	0,5	4,5
71		13,8	0,7	5,9
76		13,2	0,6	4,7
81		12,9	0,3	2,2
86		12,3	0,6	4,2
91		11,9	0,4	2,6
96		11,5	0,4	2,5
101	18	11,3	0,2	1,2
111	17,5		0,5	2,7
121	16		1,5	7,4
131	15,5		0,5	2,3
141	15,2		0,3	1,3
151	14,9		0,3	1,2
161	14,5		0,4	1,5
171	14,2		0,3	1,1
181	13,9		0,3	1,0
191	13,6		0,3	0,9

PRUEBAS DE INFILTRACION (DOBLE ANILLO)

Prueba No.4 Fecha: 200304 Ubicación: Cauce borde oeste de Urbanización nueva
 Coordenada Este: 589020 Inicio: 8:40 a.m
 Coordenada Norte: 1343410 Final: 1:30 p.m
 Trazo de Falla Aeropuerto

TIEMPO (min)	ALTURA (cm)	ALTURA (cm)	DIFERENCIAL (cm)	INFILTRACION (mm/hr)
0	10		0	
5	7,9		2,1	252
10	7,1		0,8	48
15	6,2		0,9	36
20	5,4		0,8	24,0
30	4,2	10	1,2	24,0
40		9	1	15,0
50		8	1	12,0
60		7,4	0,6	6,0
70		6,7	0,7	6,0
80		6,4	0,3	2,3
90		6,1	0,3	2,0
100	10	6	0,1	0,6
120	9,2		0,8	4,0
140	8,9		0,3	1,3
170	8,7	10	0,2	0,7
200		8,2	1,8	5,4
230		7	1,2	3,1
260		5,6	1,4	3,2
290		4,2	1,4	2,9

PRUEBAS DE INFILTRACION (DOBLE ANILLO)

Prueba No.5 Fecha: Ubicació Centro del cauce de Urbanización
 Coordenada 200304 n: nueva
 Este: 589022 Inicio: 9:10 a.m
 Coordenada 1343410 Final: 1:30 p.m
 Norte: 1343410 Final: 1:30 p.m
 Trazo de Falla Aeropuerto

TIEMPO (min)	ALTURA (cm)	ALTURA (cm)	DIFERENCIAL (cm)	INFILTRACION (mm/h)
0	6		0	
5	3,1		2,9	348
10	2,4		0,7	42
15	1,7		0,7	28
21	1,1	6	0,6	17,1
30		5	1,0	20,0
35	6	4	1	17,1
50	4,5		1,5	18,0
60	3,4		1,1	11,0
75	2	6	1,4	11,2
90		4,3	1,7	11,3
100		3,3	1	6,0
120	6	1,6	1,7	8,5
140	4		2	8,6
160	2,3	6	1,7	6,4
200		4,1	1,9	5,7
230		2,7	1,4	3,7

ANEXO B.

*Formatos de Campo de muestreo de suelo y agua subterránea.
Resultados de Laboratorio de Parámetros Inorgánicos*

CIRA/UNAN Departamento de Micropoluentes Sección de Cromatografía de Gases	Formato de Campo para la Colecta de Muestras	PON-NP-CG-CEN-004 copia Nº.1 Fecha de emisión: 04-02-18 Revisión: Nº.2 Página 1 de 1
---	---	--

CLIENTE:

Departamento
Municipio
Fecha de Muestreo
Sitio de Muestreo
Código del Cliente
Matriz de la Muestra Fuente
Profundidad
Análisis Solicitado
pH
Temperatura
Coordenadas Geográficas
Observaciones
Codigo del Laboratorio

Nombre del Colector:_____

Firma :_____

Fecha:_____

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA
CENTRO PARA LA INVESTIGACIÓN DE RECURSOS ACUÁTICOS DE NICARAGUA
CIRA/UNAN
DEPARTAMENTO DE HIDROQUIMICA
FORMATO DE CMAPO – SECCION AGUAS NATURALES

Para uso del laboratorio

Codigo Lab.: **HQ**

Entidad Solicitante _____ Telef. _____

Bajo atención de: _____

Tipo de Análisis Solicitado: _____

Fecha de Muestreo: _____ Hora: _____

Municipio: _____ Departamento: _____

Coordenadas: UTM N: _____ UTM E: _____

Codifique el Punto de Muestreo: _____

Marque con una "X" el origen del agua: Pozo excavado _____ Pozo Perforado _____

Río _____ Lago _____ Laguna _____ Ojo de Agua _____ Otros: Especifique _____

Descripción del Punto de Muestreo:

Usos del Agua: _____

Temperatura de campo: _____ °C pH de campo: _____ unidades

Conductividad de campo _____ $\mu\text{S/cm}$

Nombre y firma del técnico que realizó el muestreo: _____

Hora: _____

CENTRO PARA LA INVESTIGACIÓN EN RECURSOS ACUÁTICOS (CIRA-UNAN)
Departamento de Hidroquímica – Laboratorio de Aguas Residuales

FORMATO DE CAMPO PARA AGUAS RESIDUALES

No. De orden:_____ **Código de Laboratorio:**HQ-AR_____

1.- Información general:

Empresa solicitante: _____

Interesado:_____

Análisis solicitados:

Físicos:

PH_____ Conductividad:_____ Temperatura:_____

Sólidos: Totales_____ Disueltos_____ Suspensos_____ Sedimentables_____

Fijos _____ Volátiles _____

Químicos:

DBO₅_____ DQO_____ Oxígeno disuelto_____ Sulfuros_____ Sulfitos_____

Nitrógeno: total_____ amoniacal_____ Kjeldhal_____

Fósforo: reactivo disuelto_____ total disuelto_____ total_____

Aceites y grasas_____ Fenoles_____ Detergentes_____

Cianuro: en aguas_____ en sedimento_____

Otros:

2. Información de campo:

Punto de muestreo:_____

Ubicación del punto de muestreo:_____

Ciudad_____ Departamento:_____

Coordenadas: UTM X:_____ UTM Y:_____

3. Características del agua

Residual_____ Pozo_____ Río_____ Lago_____ Quebrada_____

Otros: _____

Uso del agua:_____

Efluente Industrial: Tipo de Empresa_____

Uso del agua:_____

Muestreo: puntual_____ Compuesto 24 horas:_____

4. Mediciones de campo

Temperatura:_____ pH_____ Conductividad_____

Oxígeno disuelto:_____

Profundidad media en m:_____

Velocidad media del agua m/s:_____

Caudal en m³/s:_____

Instrumento empleado en la toma de muestra:_____

5. Información adicional de interés:

Personal Técnico que realizó el muestreo:

_____ Firma_____

_____ Firma_____

Fecha y hora de finalización del muestreo:_____

Parámetro	PM-01*	PP-2**			PP-3**			PE-1**			PE-2**			Manantial**		
	E.seca	E.seca	E.luvia	E.luvia	E.seca	E.luvia	E.luvia	E.seca	E.luvia	E.luvia	E.seca	E.luvia	E.luvia	E.seca	E.luvia	E.luvia
O ₂ (mg/l)	5,35	3,43	4,66	3,67	2,02	2,75	1,83	2,42	2,96	1,63	3,43	3,39	3,06	2,02	3,39	2,24
NO ₃ (mg-N/l)	0,54	5,58	4,42	4,68	4,58	2,84	2,77	1,90	0,18	0,81	4,08	3,60	10,68	3,10	1,06	1,10
NH ₄ (mg-N/l)	0,372	0,152	0,018	0,29	0,306	0,04	0,026	0,422	0,015	0,061	0,181	0,017	0,076	0,072	0,106	0,152
HCO ₃ (mg/l)	316,82	224,40	217,84	198,62	192,92	240,91	235,78	441,69	454,90	697,09	330,00	445,93	499,75	269,08	328,04	331,89
SO ₄ (mg-S/l)	54,43	34,79	35,45	34,68	48,83	39,62	39,06	77,86	58,03	112,8	53,02	54,55	72,14	40,81	83,84	55,1
H ₂ S (mg-S/l)	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Fe (mg/l)	22,63	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	0,08	<0.04	<0.04	0,23	<0.04	<0.04	0,12	<0.04	0,09
pH (Laboratorio)	7,22	8,24	8,26	8,21	8,18	8,22	8,15	8,01	8,29	7,73	8,07	8,23	7,75	8,06	8,30	7,98
pH (Campo)	6,97	7,67	7,31	7,38	7,35	7,46	7,23	7,17	7,27	7,26	7,20	7,23	7,16	7,24	7,30	7,35
Eh (mV)	392,9	237,80	336,70	173	313,70	362,00	358,00	382,30	394,40	191,00	321,00	326,6	178,0	238,40	352,6	358,00
Temperatura (°C)	25	24,90	25,30	24,9	31,30	24,8	25,8	29,10	25,00	25,00	30,00	25,00	25,00	29,40	25,00	25,00
C E (μS/cm)	502	566,00	462,00	435	606,00	484,00	464,00	1083,00	742,00	1119,0	844,00	756,00	840,00	720,00	682,00	609,00

* El Pozo de Monitoreo fue muestreado el 10/03/05

** Los cinco puntos se muestrearon: En la época Seca el 21/04/04
En la época Lluviosa el 13/10/04
En la época Lluviosa el 14/11/04

ANEXO C.

Valores Guías para BTEX en suelos y Agua Subterránea

1.- VALORES GUÍAS O PRUEBAS GENÉRICAS PATRONES PARA BTEX EN SUELOS (EPA-ERA)

Compuesto	Fuente	Valores Guías	Uso	Nivel de Confianza
Benceno	CCME 1997	0.05 mg/kg ^a 0.5 mg/kg ^b 5 mg/kg ^{c,d}	Valor guía para Investigación o Remediación	Provisional*
	ANZECC, 1997	1.0 mg/kg	NIA para plantas	N/E
	MfE, 1999	1.1 - 5.7 ^a 1.5 - 5.7 ^b 3.0 - 2.8 ^{c,d}	Rango de valores dados para diferentes tipos de suelo <1m	Basados en la Protección a la salud Humana
Etilbenceno	CCME 1997	0.1 mg/kg ^a 1.2 mg/kg ^b 20 mg/kg ^{c,d}	Valor guía para Investigación o Remediación	Provisional*
	MfE, 1999	48 - 2200 mg/kg ^a 48 - 2200 mg/kg ^b 170 - 7200 mg/kg ^{c,d}	Rango de valores dados para diferentes tipos de suelo <1m	Basados en la Protección a la salud Humana
Tolueno	CCME 1997	0.1 mg/kg ^a 0.8 mg/kg ^{b,c,d}	Valor guía para Investigación o Remed.	Provisional*
	MfE, 1999	68 - 2500 mg/kg ^a 68 - 2500 mg/kg ^b 94 - 7500 mg/kg ^{c,d}	Rango de valores dados para diferentes tipos de suelo <1m	Basados en la Protección a la salud Humana
Xilenos	ORNL, 1997	200 mg/kg ^a	benchmark para plantas	Bajo
	CCME 1997	0.1 mg/kg ^a 1.0 mg/kg ^b 17 mg/kg ^c 20 mg/kg ^d	Valor guía para Investigación o Remediación	Provisional*
	MfE, 1999	48 - 1700 mg/kg ^a 48 - 1700 mg/kg ^b 150 - 5700 mg/kg ^{c,d}	Rango de valores dados para diferentes tipos de suelo <1m	Basados en la Protección de la salud Humana

Fuente: EPA - ERA /Ecological Risk Assesment) Septiembre 2004

N/E = No Evaluado

NIA = Nivel de Investigación Ambiental

^aPara uso Agricultura, ^bPara Uso Residencial y Areas Verdes, ^cUso Comercio, ^dUso Industrial

* = La Evaluación solamente calcula una Guía de Calidad de Suelo provisional para Salud Ambiental

2.- VALORES GUÍAS PARA COMPUESTOS BTEX DE ACUERDO AL USO DE SUELO

Parámetro	México*			Canadá**		
	Uso de Suelo			Uso de Suelo		
	Agrícola	Residencial	Industrial	Agrícola	Residencial	Industrial
	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
Benceno	6	6	15	0,05	0,5	5
Tolueno	40	40	100	0,1	0,8	0,8
Etilbenceno	10	10	25	0,1	1,2	20
Xilenos	40	40	100	0,1	1,0	20

*Fuente: NOM-138-SEMARNAT/SS-2003, Norma Oficial Mexicana (Límites Máximos Permisibles para compuestos BTEX en suelos).

**Fuente: Canadian Environmental Quality Guidelines, 2002

3. NORMAS INTERNACIONALES DE CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Parámetro	WHO ¹	EPA ²	Canadá ³	EEC ⁴	Taiwan ⁵	CAPRE ⁶
	(µg l ⁻¹)	(µg l ⁻¹)	(µg l ⁻¹)	(µg l ⁻¹)	(µg l ⁻¹)	(µg l ⁻¹)
Benceno	10	5	5	1	5	
Etilbenceno	2-200	700	24			300
Tolueno	24-170	1000	2,4			700
Xilenos total	20-1800	10000	300			500

Fuente: ¹ Organización Mundial de la Salud. 1993
² Agencia de Protección Ambiental. Julio 17, 1996
³ Guía Canadiense para la Calidad del Agua Potable. Abril, 1996
⁴ Comunidad Económica Europea. Junio 25, 1996
⁵ Regulaciones para Agua Potable de Taipei. Junio 25, 1996
⁶ Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centro América, Panamá y República Dominicana. Marzo 1994

ANEXO D

Cálculo del Factor de Retardación

De la Ecuación 6.4 Pagina 71 se han calculado los factores de retardación para los contaminantes estudiados

$$R = 1 + (\rho_b / n_e) (K_{oc} \times f_{oc})$$

Tomando en cuenta los siguientes valores, se calculará el factor de retardación R para el Benceno.

$$\rho_b = 1,40 \text{ (densidad del material)}$$

$$n_e = 0,25 \text{ (porosidad efectiva en el acuífero)}$$

$$K_{oc} = 58.9 \text{ (valor específico de la sustancia)}$$

$$f_{oc} = 0.58 \times f_{om} \text{ valor tomado como una fracción de la materia orgánica (Tabla No18)}$$

$$f_{oc} = 0,001$$

$$\Rightarrow R = 1 + (1,40 / 0,25) (58,9 \times 0,001)$$

R = 1.33 esto significa que entre mas grande es este factor mayor es la adsorción que experimenta la sustancia química

ANEXO E.

Resultados de Análisis de BTEX

Descripción de la Técnica Cromatografía de Gases

Organic Geochemistry Laboratory

Department of Earth Sciences

Universidad de Waterloo

ORGANIC GEOCHEMISTRY LABORATORY

Client: Ramon Aravena

Laboratory Number 041124

BTEX, Trimethylbenzenes and Naphthalene Analysis

Samples submitted: Nov 30, 2004

Analysis occurred: Nov 30, 2004

Analyst: Marianne VanderGriendt

Report Date: Dec 22, 2004

Units are µg/L (ppb)

Sample Identification	Date	MDL (Nov 22, 2004)	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	P,M-xylene	O-xylene	Benzene	Benzene	Benzene	Naphthalene
	Sampled	LOQ	2.08	1.72	1.05	2.34	1.10	1.40	1.41	1.91	1.83
			6.24	5.15	3.15	7.02	3.31	4.20	4.23	5.74	5.48
1) PE1-M1	14-nov-04		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2) PE2-M1	14-nov-04		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3) PP2-M1	14-nov-04		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4) PP3-M1	14-nov-04		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5)MAN-1(1)	14-nov-04		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(2B) PE2-M2	14-nov-04	Field Dup	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(3B) PP2-M2	14-nov-04	Field Dup	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Method Blank	30-nov-04		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

LEGEND

0.0 = NOT DETECTED = < MDL

MDL = METHOD DETECTION LIMIT

LOQ = LIMIT OF QUANTIFICATION (3*MDL)

Field Dup = Method Extraction of Field Duplicate

ORGANIC GEOCHEMISTRY LABORATORY

Client: Ramon Aravena
 Laboratory Number 041124
 BTEX, Trimethylbenzenes and Naphthalene Analysis
 Samples submitted: Nov 30, 2004
 Analysis occurred: Nov 30, 2004
 Analyst: Marianne VanderGriendt
 Report Date: Dec 22, 2004

CALIBRATION DATA
 PERCENT ERROR
 PERCENT RELATIVE STANDARD DEVIATION

Units are µg/L (ppb)

STANDARD A-30 Xo	STANDARD X		%E	STANDARD A-20 Xo		%E	STANDARD A-10 Xo		%E	STANDARD B-10 Xo	
	X	%RSD		X	%RSD		X	%RSD		X	%RSD
benzene	14100.00	14146.38	0.33	9400.00	9260.65	-1.48	4700.00	4832.06	2.81	626.25	2.18
toluene	14101.88	13923.69	-1.26	9401.25	9162.91	-2.54	4700.63	4695.28	-0.11	626.25	2.30
ethylbenzene	14085.00	13289.54	-5.65	9390.00	8741.64	-6.90	4695.00	4476.04	-4.66	625.63	2.37
p-m-xylene	28181.25	26627.89	-5.51	18787.50	17533.24	-6.68	9393.75	8977.39	-4.43	1251.25	2.28
o-xylene	14083.13	13328.16	-5.36	9388.75	8783.04	-6.45	4694.38	4489.60	-4.36	625.00	2.16
1,3,5-trimethylbenzene	14090.63	14125.08	0.24	9393.75	9271.52	-1.30	4696.88	4832.55	2.89	625.63	11.24
1,2,4-trimethylbenzene	14086.88	14119.60	0.23	9391.25	9275.27	-1.23	4695.63	4824.48	2.74	625.63	1.91
1,2,3-trimethylbenzene	14070.00	14095.64	0.18	9380.00	9274.89	-1.12	4690.00	4818.84	2.75	624.69	1.78
naphthalene	14100.00	14113.15	0.09	9400.00	9306.92	-0.99	4700.00	4843.09	3.04	626.25	1.21

Xo = True Value of Standard
 X = Average Calculated Value of 3 Standards
 %E = Average Percent Error of 3 Standards
 %RSD = Average Percent Relative Standard Deviation of 3 Standards

ORGANIC GEOCHEMISTRY LABORATORY, DEPARTMENT OF EARTH SCIENCES, UNIVERSITY OF WATERLOO (tel 519-888-4567-ext 5180)

Client: Ramon Aravena - Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua - Centro para la Investigacion en Recursos Acuaticos de Nicaragua

Laboratory Number 040409 (5 samples)

BTEX, Trimethylbenzenes and Naphthalene Analysis

Samples submitted: Apr 26, 2004

Analysis occurred on May 3, 2004

Analyst: Marianne VanderGriendt

Report Date: May 10, 2004

Units are µg/L (ppb)

Sample Identification	Date Sampled	3-may-04		Benzene	Toluene	Ethylbenzene	P,M-xylene	O-xylene	1,3,5-Trimethyl- Benzene	1,2,4-Trimethyl- Benzene	1,2,3-Trimethyl- Benzene	Naphthalene
		MDL	LOQ									
PP 2-M1	21-abr-04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PP 2-M2 (Field Duplicate)	21-abr-04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PP 3-M1	21-abr-04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PE 1-M1	21-abr-04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PE 2-M1	21-abr-04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MAN-1	21-abr-04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Blank-1 (standards)	04-may-04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Blank-2 (standards)	05-may-04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Blank-3	05-may-04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Blank-4	05-may-04	2.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

LEGEND

0.0 = NOT DETECTED = < MDL

MDL = METHOD OF DETECTION LIMIT

LOQ = LIMIT OF QUANTIFICATION (3*MDL)

ORGANIC GEOCHEMISTRY LABORATORY, DEPARTMENT OF EARTH SCIENCES, UNIVERSITY OF WATERLOO (tel 519-888-4567-ext 5180)
BTEX, TMB, NAPH ANALYSIS

QUALITY CONTROL DATA

Client: Ramon Aravena - Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua - Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua
Laboratory Number 040409 (5 samples)
Analyst: Marianne VanderGriendt
Analysis occurred on May 3, 2004

QUALITY ASSURANCE - CALIBRATION DATA

<u>Units are ug/L (ppb)</u>									
	Xo	N	X	%E	%RSD		Xo	N	X
A-10									
benzene	4635.86	3	4313.79	-6.95	1.28		N-5	3	31.66
toluene	4547.61	3	4545.22	-0.05	2.17		31.34	3	32.21
ethylbenzene	4639.08	3	4633.16	-0.13	1.98		31.31	3	32.21
p,m-xylene	9313.68	3	9305.91	-0.08	1.96		31.34	3	32.44
o-xylene	4688.58	3	4685.94	-0.06	1.96		62.66	3	65.65
1,3,5-trimethylbenzene	4688.58	3	4686.39	-0.05	4.18		31.31	3	32.52
1,2,4-trimethylbenzene	4710.11	3	4707.56	-0.05	1.82		31.31	3	30.25
1,2,3-trimethylbenzene	4860.76	3	4854.27	-0.13	2.35		31.31	3	28.96
naphthalene	4615.41	3	4928.82	6.79	2.88		31.28	3	31.12
									23.40
									-25.19
									3.76
B-10									
benzene	535.80	3	537.59	0.33	0.70		N-2.5	3	16.14
toluene	534.69	3	552.44	3.32	0.83		15.67	3	16.17
ethylbenzene	495.87	3	546.32	10.17	0.77		15.66	3	17.07
p,m-xylene	1032.78	3	1094.22	5.95	0.81		15.67	3	32.90
o-xylene	540.24	3	559.41	3.55	0.77		31.33	3	32.90
1,3,5-trimethylbenzene	540.24	3	559.31	3.53	0.77		15.66	3	16.32
1,2,4-trimethylbenzene	540.24	3	563.20	4.25	0.77		15.66	3	14.78
1,2,3-trimethylbenzene	515.84	3	572.10	10.91	0.83		15.66	3	14.27
naphthalene	554.66	3	559.98	0.96	0.95		15.64	3	15.84
									11.25
									-28.09
									1.64
N-30									
benzene	187.88	3	182.67	-2.87	1.92				
toluene	187.88	3	195.16	3.88	1.76				
ethylbenzene	187.69	3	200.74	6.74	0.89				
p,m-xylene	375.56	3	398.88	6.10	0.62				
o-xylene	187.88	3	198.59	5.70	0.62				
1,3,5-trimethylbenzene	188.06	3	187.99	0.06	0.69				
1,2,4-trimethylbenzene	187.88	3	186.20	-0.89	0.72				
1,2,3-trimethylbenzene	187.69	3	201.25	7.12	0.84				
naphthalene	188.06	3	173.65	-7.48	0.71				

Xo = true concentration of standard
N = number of replicates
X = calculated concentration of standard
%RSD = percent relative standard deviation
%E = percent error of calculated concentration from the true concentration



ORGANIC GEOCHEMISTRY LABORATORY								
Client: Ramon Aravena and M. Elena Lopez								
Laboratory Number 050305								
BTEX, Trimethylbenzenes and Naphthalene Analysis								
Samples submitted: Mar 21, 2005								
Analysis occurred: Mar 23, 2005								
Analyst: Marianne VanderGriendt								
Report Date: Mar 28, 2005								
Units are µg/L (ppb)								
				Benzene	Toluene	Ethylbenzene	P,M-xylene	O-xylene
Sample Identification	Date	MDL (Nov 22, 2004)		2.08	1.72	1.05	2.34	1.10
	Sampled	LOQ		6.24	5.15	3.15	7.02	3.31
PM-M8 A	10-Mar-05			0.00	10.00	0.00	1.64	0.00
PM-M8 B	10-Mar-05			0.00	9.37	0.00	1.32	0.00
PM-M8 B	10-Mar-05	GC Repeat		0.00	9.44	0.00	1.32	0.00
PM-M8 C	10-Mar-05			0.00	9.41	0.00	1.10	0.00
PM-M8 C	10-Mar-05	GC Repeat		0.00	9.52	0.00	1.28	0.00
Blank-1	23-Mar-05			0.00	0.00	0.00	1.18	0.00
Blank-2	23-Mar-05			0.00	0.00	0.00	1.18	0.00
LEGEND								
0.0 = NOT DETECTED = < MDL								
MDL= METHOD DETECTION LIMIT								
LOQ= LIMIT OF QUANTIFICATION (3*MDL)								
GC repeat = Gas Chromatographic Repeat								
Extraction Duplicate = Method Extraction Duplicate from the same sample								
Field Duplicate = Method Extraction of Field Duplicate								



ORGANIC GEOCHEMISTRY LABORATORY						
Client: Ramon Aravena and M. Elena Lopez						
Laboratory Number 050305						
BTEX, Trimethylbenzenes and Naphthalene Analysis						
Samples submitted: Mar 21, 2005						
Analysis occurred: Mar 23, 2005						
Analyst: Marianne VanderGriendt						
Report Date: Mar 28, 2005						
Units are µg/L (ppb)						
Sample Identification	Date	MDL (Nov 22, 2004)	1,3,5-Trimethyl-Benzene	1,2,4-Trimethyl-Benzene	1,2,3-Trimethyl-Benzene	Naphthalene
	Sampled	LOQ	1.40	1.41	1.91	1.83
			4.20	4.23	5.74	5.48
PM-M8 A	10-Mar-05		0.00	0.00	46.70	1.29
PM-M8 B	10-Mar-05		0.00	0.00	39.01	0.00
PM-M8 B	10-Mar-05	GC Repeat	0.00	0.00	39.09	0.00
PM-M8 C	10-Mar-05		0.00	0.00	36.87	0.00
PM-M8 C	10-Mar-05	GC Repeat	0.00	0.00	39.96	0.00
Blank-1	23-Mar-05		0.00	0.00	0.00	0.00
Blank-2	23-Mar-05		0.00	0.00	0.00	0.00
LEGEND						
0.0 = NOT DETECTED = < MDL						
MDL= METHOD DETECTION LIMIT						
LOQ= LIMIT OF QUANTIFICATION (3*MDL)						
GC repeat = Gas Chromatographic Repeat						
Extraction Duplicate = Method Extraction Duplicate from the s						
Field Duplicate = Method Extraction of Field Duplicate						



ORGANIC GEOCHEMISTRY LABORATORY					
Client: Ramon Aravena and M. Elena Lopez					
Laboratory Number 050305					
BTEX, Trimethylbenzenes and Naphthalene Analysis					
Samples submitted: Mar 21, 2005 (Sheet#6)					
Analysis occurred: Mar 23, 2005					
Analyst: Marianne VanderGriendt					
Report Date: Mar 28, 2005					
CALIBRATION DATA					
PERCENT ERROR					
RELATIVE STANDARD DEVIATION					
STANDARD					
A-20					
Units are ug/L (ppb)		X_o	X	%E	%RSD
benzene		9400.00	9323.25	-0.82	3.24
toluene		9401.25	9099.43	-3.21	2.67
ethylbenzene		9390.00	8688.06	-7.48	1.15
p+m-xylene		18787.50	17402.97	-7.37	0.84
o-xylene		9388.75	8716.18	-7.16	0.52
1,3,5-trimethylbenzene		9393.75	9300.49	-0.99	0.71
1,2,4-trimethylbenzene		9391.25	9307.41	-0.89	0.64
1,2,3-trimethylbenzene		9380.00	9307.14	-0.78	0.62
naphthalene		9400.00	9354.14	-0.49	0.40
X _o = True Value of Standard					
X = Average Calculated Value of 3 Standards					
%E = Average Percent Error of 3 Standards					
%RSD = Percent Relative Standard Deviation of 3 Standards					



ORGANIC GEOCHEMISTRY LABORATORY					
Client: Ramon Aravena and M. Elena Lopez					
Laboratory Number 050305					
BTEX, Trimethylbenzenes and Naphthalene Analysis					
Samples submitted: Mar 21, 2005 (Sheet#6)					
Analysis occurred: Mar 23, 2005					
Analyst: Marianne VanderGriendt					
Report Date: Mar 28, 2005					
CALIBRATION DATA					
PERCENT ERROR					
RELATIVE STANDARD DEVIATION					
STANDARD					
A-10					
Units are ug/L (ppb)		X_o	X	%E	%RSD
benzene		4700.00	4838.54	2.95	2.91
toluene		4700.63	4693.94	-0.14	1.94
ethylbenzene		4695.00	4408.48	-6.10	2.11
p+m-xylene		9393.75	8831.41	-5.99	1.98
o-xylene		4694.38	4410.02	-6.06	1.81
1,3,5-trimethylbenzene		4696.88	4698.15	0.03	1.41
1,2,4-trimethylbenzene		4695.63	4700.13	0.10	1.83
1,2,3-trimethylbenzene		4690.00	4705.11	0.32	1.80
naphthalene		4700.00	4759.19	1.26	2.24
X _o = True Value of Standard					
X = Average Calculated Value of 3 Standards					
%E = Average Percent Error of 3 Standards					
%RSD = Percent Relative Standard Deviation of 3 Standards					



ORGANIC GEOCHEMISTRY LABORATORY					
Client: Ramon Aravena and M. Elena Lopez					
Laboratory Number 050305					
BTEX, Trimethylbenzenes and Naphthalene Analysis					
Samples submitted: Mar 21, 2005 (Sheet#6)					
Analysis occurred: Mar 23, 2005					
Analyst: Marianne VanderGriendt					
Report Date: Mar 28, 2005					
CALIBRATION DATA					
PERCENT ERROR					
RELATIVE STANDARD DEVIATION					
STANDARD					
N-2.5					
Units are ug/L (ppb)		X_o	X	%E	%RSD
benzene		15.67	15.85	1.14	4.57
toluene		15.66	17.70	13.08	3.45
ethylbenzene		15.67	16.62	6.04	4.07
p+m-xylene		31.33	33.84	8.02	3.78
o-xylene		15.66	16.59	5.95	4.09
1,3,5-trimethylbenzene		15.66	16.00	2.20	4.32
1,2,4-trimethylbenzene		15.66	14.99	-4.25	6.17
1,2,3-trimethylbenzene		15.66	15.56	-0.59	4.67
naphthalene		15.64	14.46	-7.57	9.14
X _o = True Value of Standard					
X = Average Calculated Value of 3 Standards					
%E = Average Percent Error of 3 Standards					
%RSD = Percent Relative Standard Deviation of 3 Standards					



ORGANIC GEOCHEMISTRY LABORATORY					
Client: Ramon Aravena and M. Elena Lopez					
Laboratory Number 050305					
BTEX, Trimethylbenzenes and Naphthalene Analysis					
Samples submitted: Mar 21, 2005 (Sheet#6)					
Analysis occurred: Mar 23, 2005					
Analyst: Marianne VanderGriendt					
Report Date: Mar 28, 2005					
CALIBRATION DATA					
PERCENT ERROR					
RELATIVE STANDARD DEVIATION					
		STANDARD			
		N-5			
Units are ug/L (ppb)		Xo	X	%E	%RSD
benzene		31.34	30.91	-1.38	3.27
toluene		31.31	33.50	6.99	3.53
ethylbenzene		31.34	31.24	-0.32	3.39
p+m-xylene		62.66	63.15	0.78	3.15
o-xylene		31.31	31.37	0.17	3.21
1,3,5-trimethylbenzene		31.31	30.38	-2.99	3.33
1,2,4-trimethylbenzene		31.31	29.32	-6.36	2.18
1,2,3-trimethylbenzene		31.31	30.01	-4.16	1.69
naphthalene		31.28	28.61	-8.55	1.36
Xo = True Value of Standard					
X = Average Calculated Value of 3 Standards					
%E = Average Percent Error of 3 Standards					
%RSD = Percent Relative Standard Deviation of 3 Standards					

519-885-1211
Fax 519-746-7484

ORGANIC GEOCHEMISTRY LABORATORY					
Client: Ramon Aravena and M. Elena Lopez					
Laboratory Number 050305					
BTEX, Trimethylbenzenes and Naphthalene Analysis					
Samples submitted: Mar 21, 2005 (Sheet#6)					
Analysis occurred: Mar 23, 2005					
Analyst: Marianne VanderGriendt					
Report Date: Mar 28, 2005					
CALIBRATION DATA					
PERCENT ERROR					
RELATIVE STANDARD DEVIATION					
STANDARD					
N-30					
Units are ug/L (ppb)	Xo	X	%E	%RSD	
benzene	188.06	211.38	12.40	4.22	
toluene	187.88	209.18	11.34	1.59	
ethylbenzene	188.06	196.18	4.32	2.46	
p+m-xylene	375.94	391.74	4.20	2.60	
o-xylene	187.88	196.02	4.34	2.49	
1,3,5-trimethylbenzene	187.88	192.53	2.48	2.83	
1,2,4-trimethylbenzene	187.88	189.62	0.93	3.05	
1,2,3-trimethylbenzene	187.88	190.62	1.46	3.03	
naphthalene	187.69	186.27	-0.75	4.54	
Xo = True Value of Standard					
X = Average Calculated Value of 3 Standards					
%E = Average Percent Error of 3 Standards					
%RSD = Percent Relative Standard Deviation of 3 Standards					



ORGANIC GEOCHEMISTRY LABORATORY					
Client: Ramon Aravena and M. Elena Lopez					
Laboratory Number 050305					
BTEX, Trimethylbenzenes and Naphthalene Analysis					
Samples submitted: Mar 21, 2005 (Sheet#6)					
Analysis occurred: Mar 23, 2005					
Analyst: Marianne VanderGriendt					
Report Date: Mar 28, 2005					
CALIBRATION DATA					
PERCENT ERROR					
RELATIVE STANDARD DEVIATION					
		STANDARD			
		A-30			
Units are ug/L (ppb)		X_o	X	%E	%RSD
benzene		14100.00	14102.36	0.02	0.20
toluene		14101.88	13764.56	-2.39	1.50
ethylbenzene		14085.00	13248.62	-5.94	2.35
p+m-xylene		28181.25	26424.53	-6.23	2.34
o-xylene		14083.13	13220.18	-6.13	2.41
1,3,5-trimethylbenzene		14090.63	14150.96	0.43	2.64
1,2,4-trimethylbenzene		14086.88	14139.99	0.38	2.68
1,2,3-trimethylbenzene		14070.00	14112.16	0.30	2.70
naphthalene		14100.00	14109.61	0.07	2.84
X _o = True Value of Standard					
X = Average Calculated Value of 3 Standards					
%E = Average Percent Error of 3 Standards					
%RSD = Percent Relative Standard Deviation of 3 Standards					

**VOLATILE AROMATIC HYDROCARBONS (BTEX)
ORGANIC GEOCHEMISTRY LABORATORY
DEPARTMENT OF EARTH SCIENCE
UNIVERSITY OF WATERLOO
WATERLOO, ON, CANADA
MARIANNE VANDERGRIENDT, SHIRLEY CHATTEN
Phone 519 888 4567 ext 5180 or 6370**

INTRODUCTION. A gas chromatographic technique is described to determine several aromatic components of gasoline in groundwater samples. The components are: benzene, toluene, ethyl benzene, p,m,o-xylenes, the trimethylbenzenes and naphthalene. Usually these compounds are determined by purge and trap or exhaustive extraction techniques. However, because the hydrogeologist may require many analyses to define the shape, movement and attenuation of a trace contaminant plume, purge and trap methods are too time consuming to use on a routine basis. Separatory funnel or continuous solvent extraction techniques are not only slow and labour intensive but can also suffer from volatilization losses. The methodology presented here was derived from an extraction previously described by Henderson et al.,(1976). The technique required that the partitioning of the analyte be at equilibrium between the two phases, as opposed to being exhaustively extracted from the water.

APPARATUS. Samples and aqueous standards are extracted in 18 ml crimp-top hypovials with teflon-faced silicone septa. The determinations are performed on a gas chromatograph equipped with a splitless injection port, a 0.25mm X 30M DB5 capillary column with a film thickness of 0.25um and a flame ionization detector. The chromatographic conditions are as follows: injection port temperature = 275°C; initial column temperature = 35°C; initial time = 0.5 min.; heating rate = 15°C/min.; final temperature = 300°C; final time = 2 min.; detector temperature = 325°C; column flow rate = 5 ml/min helium.

REAGANTS. The following reagents are used: glass distilled dichloromethane and methanol; organic-free deionized water; reagent grade benzene, toluene, ethyl benzene, p,m,o-xylenes, trimethylbenzenes, naphthalene and m-fluorotoluene (25 ppm) as an internal standard.

PROCEDURE. i) *SAMPLE BOTTLE PREPARATION.* Bottles and other glassware are soaked in a commercial alkaline cleaning solution for several hours, then rinsed with deionized water, dilute nitric acid, and more deionized water. The bottles are then baked overnight at 110°C

ii) *SAMPLE COLLECTION AND HANDLING.* Each sample bottle is filled with no aeration, quickly sealed, then stored at 4 °C until needed.

To solvent extract a sample (or standard), a vent needle is inserted through the septum, then 16.5ml of water is removed with a syringe and transferred to a clean crimp-top vial. 1.0ml of dichloromethane, containing the internal standard m-fluorotoluene, is added. The vial is then sealed and agitated on its side at maximum speed on a platform shaker for 20 min. The bottle is inverted and the phases allowed to separate for 10 to 30 minutes.

With the bottle inverted, approximately 1.0ml of the methylene chloride phase is removed (with venting) and placed in an sealed autosampler vial for injection into the gas chromatograph.

iii) **QUALITY CONTROL.** Samples and standards are equilibrated to room temperature (approx. 22°C) before extraction. Calibration standards are run in triplicate at five different levels covering the expected sample range. Linear regression is performed to determine linearity of the calibration curve. Standards are prepared by spiking water with a concentrated methanolic stock standard, and are extracted in the same manner as samples. Three methanolic stock standards are used, each an order of magnitude above the other. The methanolic stock standard is prepared gravimetrically (or purchased externally – Ultra Scientific), injecting the various pure compounds through a septum into one 60 ml aliquot of methanol.

Matrix spikes are performed by spiking a known amount of midrange standard into a duplicate field sample and then calculating the amount recovered after extraction. Reagent water blanks are run on a daily basis. The methanolic stock standards are stored in a freezer when not in use and are replaced when accuracy becomes unacceptable.

Method Detection Limit

November 2004

Compound	N	Xo	X	%RSD	%E	MDL
Benzene	9	15.672	16.67	4.31	6.38	2.08
Toluene	9	15.656	17.39	3.41	11.06	1.72
Et-Benzene	9	15.672	16.99	2.14	8.41	1.05
P+M-Xylene	9	31.328	34.89	2.31	11.37	2.34
O-Xylene	9	15.656	17.14	2.23	9.49	1.10
1,3,5-Trimethylbenzene	9	15.656	16.93	2.86	8.15	1.40
1,2,4-Trimethylbenzene	9	15.656	16.53	2.94	5.58	1.41
1,2,3-Trimethylbenzene	9	15.656	17.09	3.87	9.14	1.91
Naphthalene	9	15.641	16.84	3.74	7.67	1.83

N : number of replicate determinations

X : average of replicate determinations (µg/L)

Xo : true value of standard (µg/L)

%RSD: percent relative standard deviation

%E: percent error of replicates from true value of standard

MDL : method detection limit (µg/L)

LITERATURE CITED. Henderson, J.E., G.R. Peyton and W.H. Glaze (1976). A convenient liquid-liquid extraction method for the determination of halomethanes in water at the parts-per-billion level. IN: Identification and analysis of organic pollutants in water. Keith, L.H. ed. Ann Arbor Science Publishers Inc., Ann Arbor, MI.

ANEXO F.
Resultados de Análisis de BTEx
Laboratorio del Instituto de Medicina Legal
Managua, Nicaragua

Managua, 17 de Diciembre del 2004

Lic. Maria Elena López Blanco.

Estimada Lic López:

Por este conducto le estoy haciendo entrega de los resultados de análisis de compuestos Volátiles (BTEX) en muestras de agua, colectadas por usted y mi persona. Estas muestras las entregue personalmente en el laboratorio Nacional del Instituto de Medicina Legal al Lic Sergio Enrique Salazar.

Los resultados corresponden a dos muestreos realizados en cinco puntos en fechas diferentes, (13-10-04) y (14-11-04), el total de muestras entregadas fue de 30.

Referente a los valores encontrados y poder evaluar los resultados del Aseguramiento de la Calidad me permito decirle que en el laboratorio se tomaron en consideración fundamentalmente dos aspectos.

1. Control Interno de la Calidad mediante el empleo de muestras por triplicado en cada uno de los puntos estudiados, Blancos de reactivos y la recuperación de adiciones conocidas del constituyente a analizar.
2. La Evaluación de la calidad la cual es cumplida según sus resultados positivos de Auditorias al Sistema de la Calidad a la son sometidos de manera sistemática.

Además es importante hacer mención que la Técnica Instrumental utilizada (**headspace**), nos asegura que los resultados de los análisis son exactos y reproductivos, útiles para la toma de decisiones referidas al medio ambiente.

Los cálculos de resultados fueron corroborados por mi persona utilizando las curvas de calibración, los cromatogramas de la mezcla de los compuestos Benceno, Tolueno, Etilbenceno, o-m-p Xilenos y los cromatogramas de cada una de las muestras inyectadas.

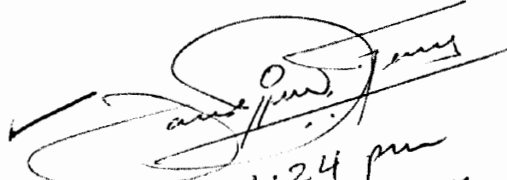
Adjunto los cromatogramas de las curvas de calibración de cada uno de los compuestos, cromatogramas de la mezcla de los compuestos, cromatogramas de cada muestra inyectada y las tablas 1 y 2 de los resultados.

Sin mas por el momento le saludo,


Armando López González

Cc: Dra. Katherine Vammen Subdirección Técnica
Dr. Jorge Pitty Aseguramiento y Control de la Calidad
Archivo.

Recibido
10/01/2005
ME
1:30 p.m.


1:24 pm
2004-12-17
K Vammen

**Tabla N° 1 RESULTADOS ANALITICOS DE BTEX EN MUESTRAS DE AGUA
SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA EN ($\mu\text{g.L}^{-1}$)
PRIMER MUESTREO (13-10-04)**

Nombre de la muestra	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	p-Xileno	O-Xileno
PP2-M1	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
PP2-M2	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
PP2-M3	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
PP3-M1	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
PP3-M2	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
PP3-M3	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
PE1-M1	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
PE1-M2	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
PE1-M3	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
PE2-M1	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
PE2-M2	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
PE2-M3	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
MAN-1	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
MAN-2	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
MAN-3	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld

**Tabla N° 2 RESULTADOS ANALITICOS DE BTEX EN MUESTRAS DE AGUA
SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA EN ($\mu\text{g.L}^{-1}$)
SEGUNDO MUESTREO (14-11-04)**

Nombre de la muestra	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	p-Xileno	O-Xileno
PP2-M1	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
PP2-M2	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
PP2-M3	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
PP3-M1	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
PP3-M2	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
PP3-M3	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
PE1-M1	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
PE1-M2	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
PE1-M3	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
PE2-M1	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
PE2-M2	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
PE2-M3	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
MAN-1	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
MAN-2	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld
MAN-3	< ld	< ld	< ld	< ld	< ld

Clave:

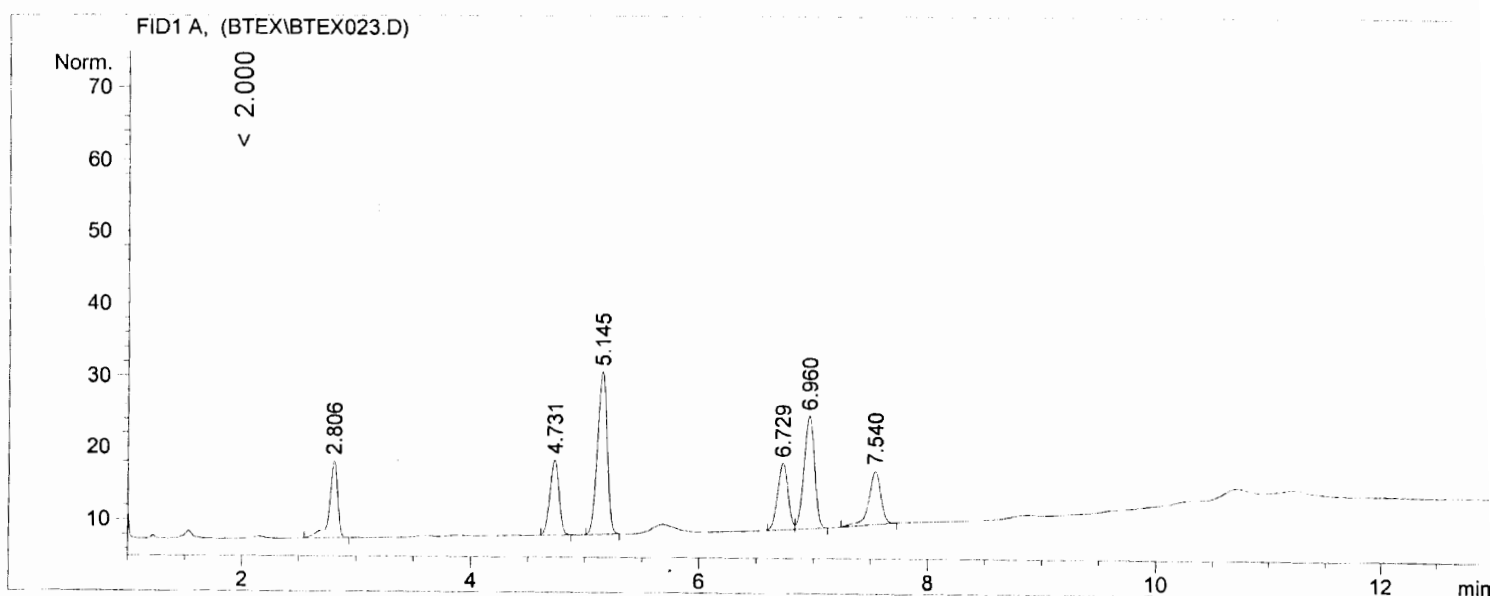
< ld: Este Valor esta por debajo del Limite de Detección del Método

Revisado
17-12-04
11/10/04
10/30/04
K. Van

Mezcla 1: 2 ml de mezcla que contiene Benceno 0.625, Tolueno 1.0, Etilbenceno 2.0, m-Xileno 1.0, o-Xileno 1.0 $\mu\text{g/ml}$ + 1.5 ml SI 2.0 $\mu\text{g/ml}$

```
=====
Injection Date   : 29/11/2004 11:24:12 a.m.      Seq. Line :   23
Sample Name     : mezcla 10 volati              Location  : Vial 20
Acq. Operator   : Sergio Salazar V.             Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 18/11/2004 11:45:28 a.m. by Sergio Salazar V.
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 29/11/2004 01:33:00 p.m. by Sergio Salazar V.
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



```
=====
External Standard Report
=====
```

```
Sorted By      : Signal
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount  : 1.00000 [g/L] (not used in calc.)
=====
```

```
=====
Area Percent Report
=====
```

```
Sorted By      : Signal
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount  : 1.00000 [g/L] (not used in calc.)
=====
```

Signal 1: FID1 A,

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Height [pA]	Area %
1	2.806	BB	0.0714	53.87741	10.62360	11.76849
2	4.731	BB	0.0681	57.87338	10.33171	12.64133
3	5.145	BB	0.0750	133.77618	22.53524	29.22084
4	6.729	BV	0.0779	58.10933	9.17026	12.69287
5	6.960	VP	0.0790	100.23284	15.64633	21.89394

Mezcla 1: 2 ml de mezcla que contiene Benceno 0.625, Tolueno 1.0, Etilbenceno 2.0, m-Xileno 1.0, o-Xileno 1.0 $\mu\text{g/ml}$ + 1.5 ml SI 2.0 $\mu\text{g/ml}$

=====
Injection Date : 29/11/2004 11:24:12 a.m. Seq. Line : 23
Sample Name : mezcla 10 volati Location : Vial 20
Acq. Operator : Sergio Salazar V. Inj : 1
Inj Volume : Manually
Acq. Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed : 18/11/2004 11:45:28 a.m. by Sergio Salazar V.
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed : 29/11/2004 01:33:00 p.m. by Sergio Salazar V.
(modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles

=====
Peak RetTime Type Width Area Height Area
[min] [min] [pA*s] [pA] %
-----|-----|-----|-----|-----|-----|
6 7.540 BB 0.0879 53.94171 7.32313 11.78253

Totals : 457.81086 75.63097

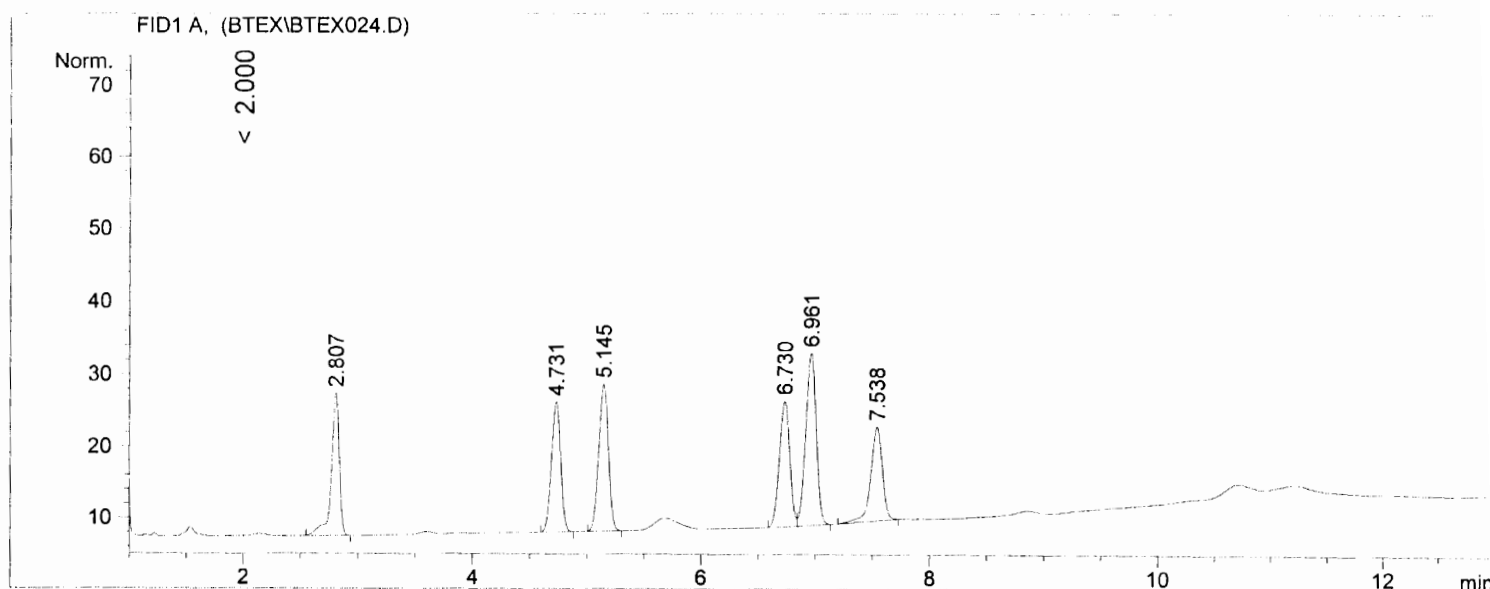
Results obtained with enhanced integrator!

=====
*** End of Report ***

Mezcla 1: 2 ml de mezcla que contiene Benceno 1.25, Tol
 ueno 2.0, Etilbenceno 4.0, m-Xileno 2.0, o-Xileno 2.0 μ
 g/ml + 1.5 ml SI 2.0 μ g/ml

```
=====
Injection Date   : 29/11/2004 11:42:54 a.m.      Seq. Line :   24
Sample Name     : mezcla 11 volati              Location  : Vial 21
Acq. Operator   : Sergio Salazar V.             Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 18/11/2004 11:45:28 a.m. by Sergio Salazar V.
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 29/11/2004 01:33:00 p.m. by Sergio Salazar V.
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



```
=====
External Standard Report
=====
```

```
Sorted By      : Signal
Multiplier     : 1.0000
Dilution      : 1.0000
Sample Amount  : 1.00000 [g/L] (not used in calc.)
=====
```

```
=====
Area Percent Report
=====
```

```
Sorted By      : Signal
Multiplier     : 1.0000
Dilution      : 1.0000
Sample Amount  : 1.00000 [g/L] (not used in calc.)
=====
```

Signal 1: FID1 A,

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Height [pA]	Area %
1	2.807	BB	0.0700	97.01814	19.84550	14.27916
2	4.731	BB	0.0742	102.33697	18.15958	15.06199
3	5.145	BP	0.0779	121.05346	20.49280	17.81669
4	6.730	BV	0.0779	111.43103	17.58313	16.40045
5	6.961	VB	0.0838	153.84662	23.90043	22.64319

Mezcla 1: 2 ml de mezcla que contiene Benceno 1.25, Tol
ueno 2.0, Etilbenceno 4.0, m-Xileno 2.0, o-Xileno 2.0 μ
g/ml + 1.5 ml SI 2.0 μ g/ml

=====
Injection Date : 29/11/2004 11:42:54 a.m. Seq. Line : 24
Sample Name : mezcla 11 volati Location : Vial 21
Acq. Operator : Sergio Salazar V. Inj : 1
Inj Volume : Manually
Acq. Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed : 18/11/2004 11:45:28 a.m. by Sergio Salazar V.
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed : 29/11/2004 01:33:00 p.m. by Sergio Salazar V.
(modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles

=====
Peak RetTime Type Width Area Height Area
[min] [min] [pA*s] [pA] %
-----|-----|-----|-----|-----|-----|
6 7.538 BB 0.0891 93.75245 13.16422 13.79852

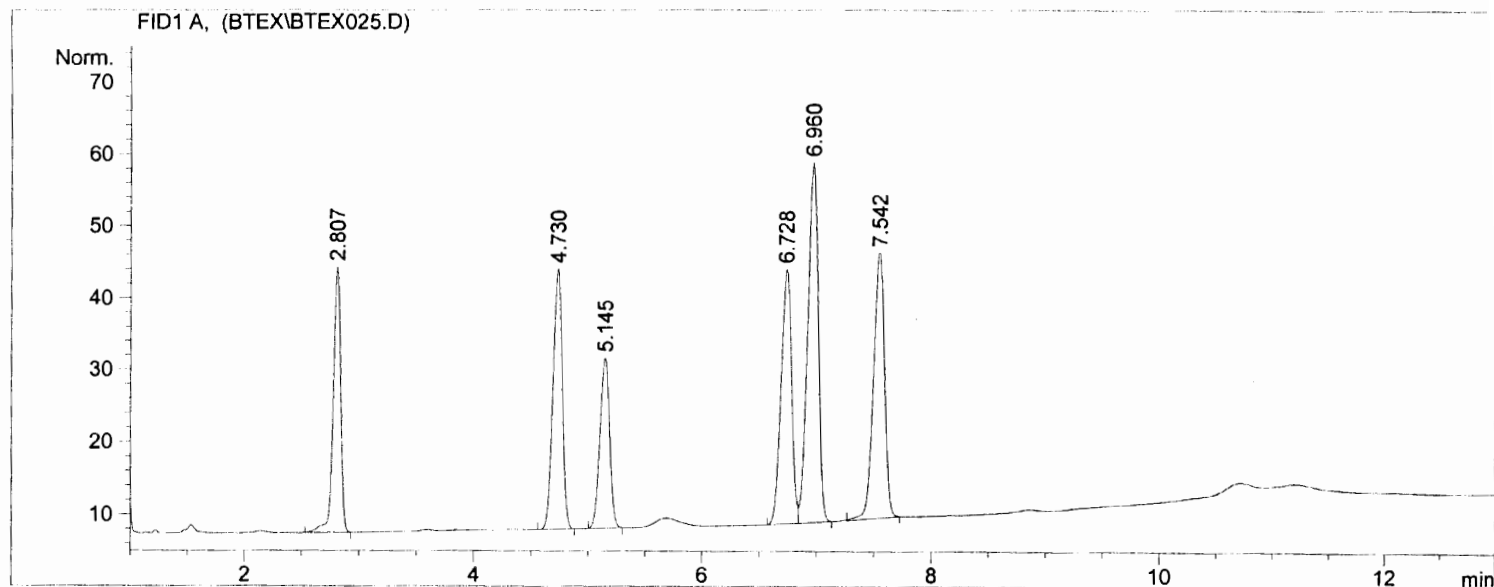
Totals : 679.43867 113.14566

Results obtained with enhanced integrator!

=====
*** End of Report ***

Mezcla 1: 2 ml de mezcla que contiene Benceno 2.5, Tolu
eno 4.0, Etilbenceno 8.0, m-Xileno 4.0, o-Xileno 4.0 µg
/ml + 1.5 ml SI 2.0 µg/ml

=====
Injection Date : 29/11/2004 12:04:39 p.m. Seq. Line : 25
Sample Name : mezcla 12 volati Location : Vial 22
Acq. Operator : Sergio Salazar V. Inj : 1
Inj Volume : Manually
Acq. Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed : 18/11/2004 11:45:28 a.m. by Sergio Salazar V.
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed : 29/11/2004 01:32:04 p.m. by Sergio Salazar V.
(modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====



=====
External Standard Report
=====

Sorted By : Signal
Multiplier : 1.0000
Dilution : 1.0000
Sample Amount : 1.00000 [g/L] (not used in calc.)
=====

=====
Area Percent Report
=====

Sorted By : Signal
Multiplier : 1.0000
Dilution : 1.0000
Sample Amount : 1.00000 [g/L] (not used in calc.)
=====

Signal 1: FID1 A,

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Height [pA]	Area %
1	2.807	BB	0.0687	166.91138	36.77365	12.84111
2	4.730	BB	0.0814	202.63284	35.99295	15.58930
3	5.145	BB	0.0815	138.53073	23.41332	10.65769
4	6.728	BV	0.0764	224.54929	35.22013	17.27541
5	6.960	VB	0.0842	319.39514	49.89117	24.57226

Mezcla 1: 2 ml de mezcla que contiene Benceno 2.5, Tolu
eno 4.0, Etilbenceno 8.0, m-Xileno 4.0, o-Xileno 4.0 µg
/ml + 1.5 ml SI 2.0 µg/ml

```
=====
Injection Date   : 29/11/2004 12:04:39 p.m.      Seq. Line :   25
Sample Name      : mezcla 12 volati              Location  : Vial 22
Acq. Operator    : Sergio Salazar V.             Inj       :    1
                                           Inj Volume : Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 18/11/2004 11:45:28 a.m. by Sergio Salazar V.
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 29/11/2004 01:32:04 p.m. by Sergio Salazar V.
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Height [pA]	Area %
6	7.542	BB	0.0812	247.80064	36.71935	19.06423

Totals : 1299.82002 218.01057

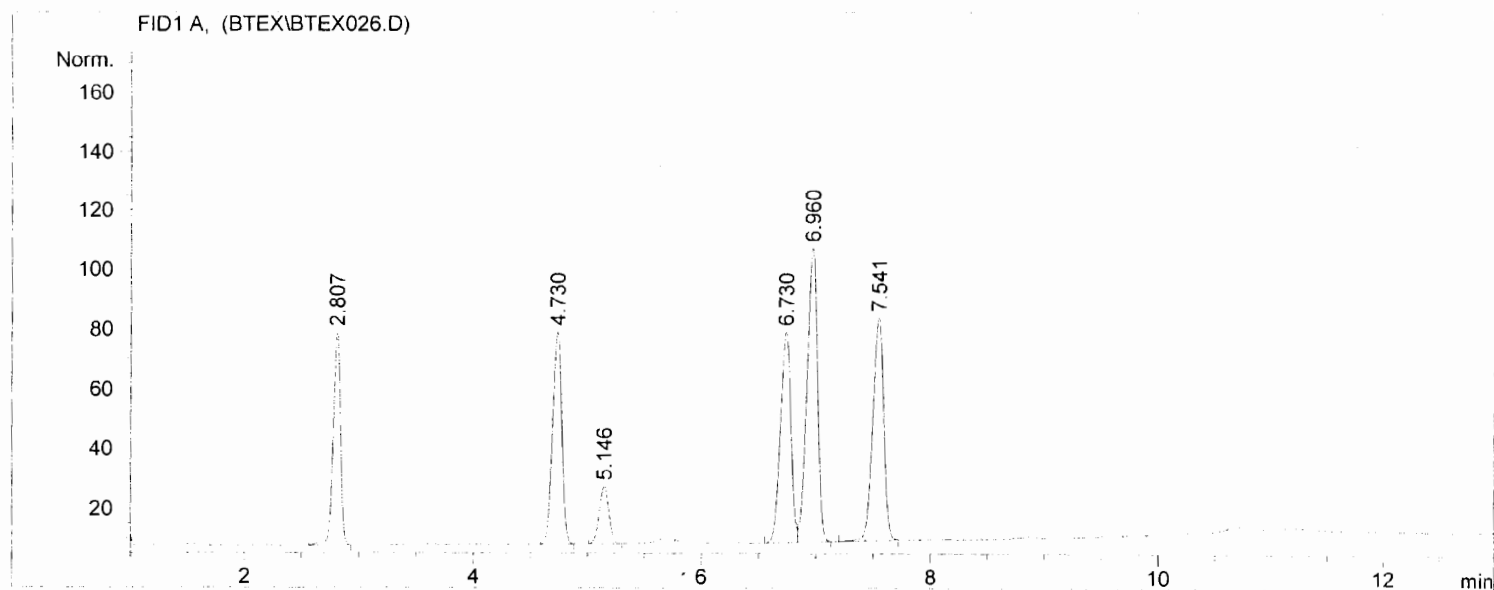
Results obtained with enhanced integrator!

```
=====
*** End of Report ***
```

Mezcla 1: 2 ml de mezcla que contiene Benceno 5.0, Tolu
eno 8.0, Etilbenceno 16.0, m-Xileno 8.0, o-Xileno 8.0 μ
g/ml + 1.5 ml SI 2.0 μ g/ml

```
=====
Injection Date   : 29/11/2004 12:23:20 p.m.      Seq. Line :   26
Sample Name     : mezcla 13 volati              Location  : Vial 19
Acq. Operator   : Sergio Salazar V.             Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 18/11/2004 11:45:28 a.m. by Sergio Salazar V.
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 29/11/2004 01:25:25 p.m. by Sergio Salazar V.
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



```
=====
External Standard Report
=====
```

```
Sorted By      : Signal
Multiplier     : 1.0000
Dilution      : 1.0000
Sample Amount  : 1.00000 [g/L] (not used in calc.)
=====
```

```
=====
Area Percent Report
=====
```

```
Sorted By      : Signal
Multiplier     : 1.0000
Dilution      : 1.0000
Sample Amount  : 1.00000 [g/L] (not used in calc.)
=====
```

Signal 1: FID1 A,

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Height [pA]	Area %
1	2.807	BB	0.0684	315.93790	71.34324	13.13175
2	4.730	BB	0.0737	400.85510	71.13065	16.66128
3	5.146	BB	0.0713	113.96542	19.24967	4.73690
4	6.730	PV	0.0841	449.46451	70.51422	18.68169
5	6.960	VB	0.0800	630.93158	98.47226	26.22425

Mezcla 1: 2 ml de mezcla que contiene Benceno 5.0, Tolu
eno 8.0, Etilbenceno 16.0, m-Xileno 8.0, o-Xileno 8.0 μ
g/ml + 1.5 ml SI 2.0 μ g/ml

```
=====
Injection Date   : 29/11/2004 12:23:20 p.m.      Seq. Line :   26
Sample Name      : mezcla 13 volati              Location  : Vial 19
Acq. Operator    : Sergio Salazar V.             Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 18/11/2004 11:45:28 a.m. by Sergio Salazar V.
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 29/11/2004 01:25:25 p.m. by Sergio Salazar V.
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Height [pA]	Area %
6	7.541	BB	0.0797	494.75421	74.49223	20.56413

Totals : 2405.90872 405.20227

Results obtained with enhanced integrator!

```
=====
*** End of Report ***
=====
```

=====

Calibration Table

=====

Determinacion de BTEX

Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.

Calculate : Internal Standard

Based on : Peak Area

Rel. Reference Window : 5.000 %

Abs. Reference Window : 0.000 min

Rel. Non-ref. Window : 5.000 %

Abs. Non-ref. Window : 0.000 min

Uncalibrated Peaks : not reported

Partial Calibration : Yes, identified peaks are recalibrated

Correct All Ret. Times: No, only for identified peaks

Curve Type : Linear

Origin : Ignored

Weight : Equal

Recalibration Settings:

Average Response : Average all calibrations

Average Retention Time: Floating Average New 75%

Calibration Report Options :

Printout of recalibrations within a sequence:

Calibration Table after Recalibration

Normal Report after Recalibration

If the sequence is done with bracketing:

Results of first cycle (ending previous bracket)

Default Sample ISTD Information (if not set in sample table):

ISTD #	ISTD Amount [µg/L]	Name
1	2.00000	SI o-Fluorotolueno

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Lvl Sig	Amount [µg/L]	Area	Amt/Area	Ref Grp Name
2.807	1 1	6.25000e-1	53.87741	1.16004e-2	1 Benceno
	2	1.25000	97.01814	1.28842e-2	
	3	2.50000	166.91138	1.49780e-2	
	4	5.00000	315.93790	1.58259e-2	
4.730	1 1	1.00000	57.87338	1.72791e-2	1 Tolueno
	2	2.00000	102.33697	1.95433e-2	
	3	4.00000	202.63284	1.97401e-2	
	4	8.00000	400.85510	1.99573e-2	
5.146	1 1	2.00000	133.77618	1.49503e-2	+I1 SI o-Fluorotolueno
	2	2.00000	121.05346	1.65216e-2	
	3	2.00000	138.53073	1.44372e-2	
	4	2.00000	113.96542	1.75492e-2	
6.730	1 1	2.00000	58.10933	3.44179e-2	1 Etil benceno
	2	4.00000	111.43103	3.58966e-2	
	3	8.00000	224.54929	3.56269e-2	
	4	16.00000	449.46451	3.55979e-2	
6.960	1 1	1.00000	100.23284	9.97677e-3	1 m-Xileno (p)
	2	2.00000	153.84662	1.30000e-2	
	3	4.00000	319.39514	1.25237e-2	
	4	8.00000	630.93158	1.26797e-2	
7.541	1 1	1.00000	53.94171	1.85385e-2	1 p-Xileno
	2	2.00000	93.75245	2.13328e-2	
	3	4.00000	247.80064	1.61420e-2	

Method C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M

RetTime [min]	Lvl Sig	Amount [µg/L]	Area	Amt/Area	Ref Grp Name
-----	--	--	-----	-----	---
	4	8.00000	494.75421	1.61696e-2	

2 Warnings or Errors :

Warning : Curve requires more calibration points., (SI o-Fluorotolueno)
Warning : Overlapping peak time windows at 6.73 min, signal 1

=====
Peak Sum Table
=====

No Entries in table
=====

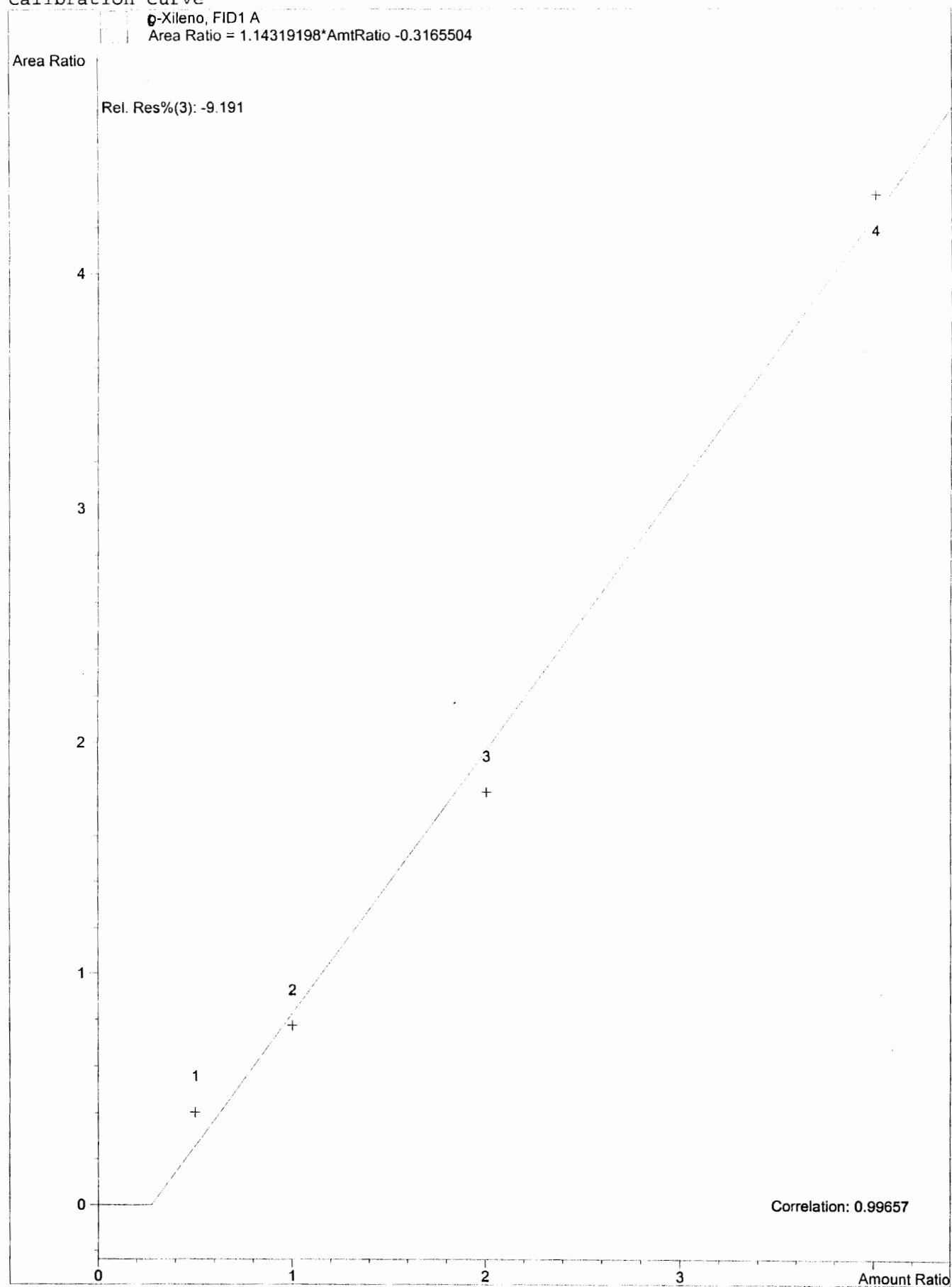
Calibration Curve

p-Xileno, FID1 A

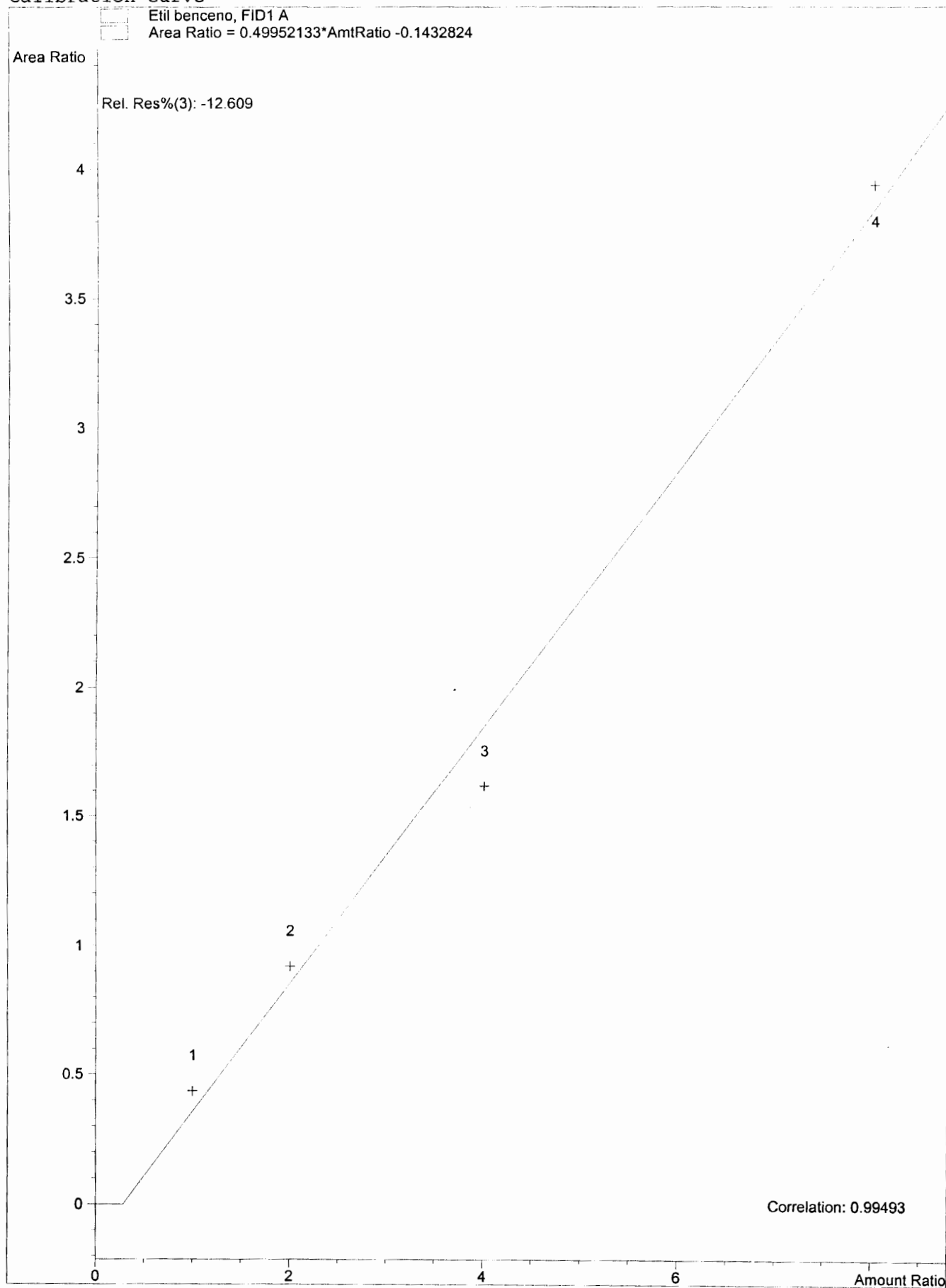
Area Ratio = $1.14319198 \times \text{AmtRatio} - 0.3165504$

Area Ratio

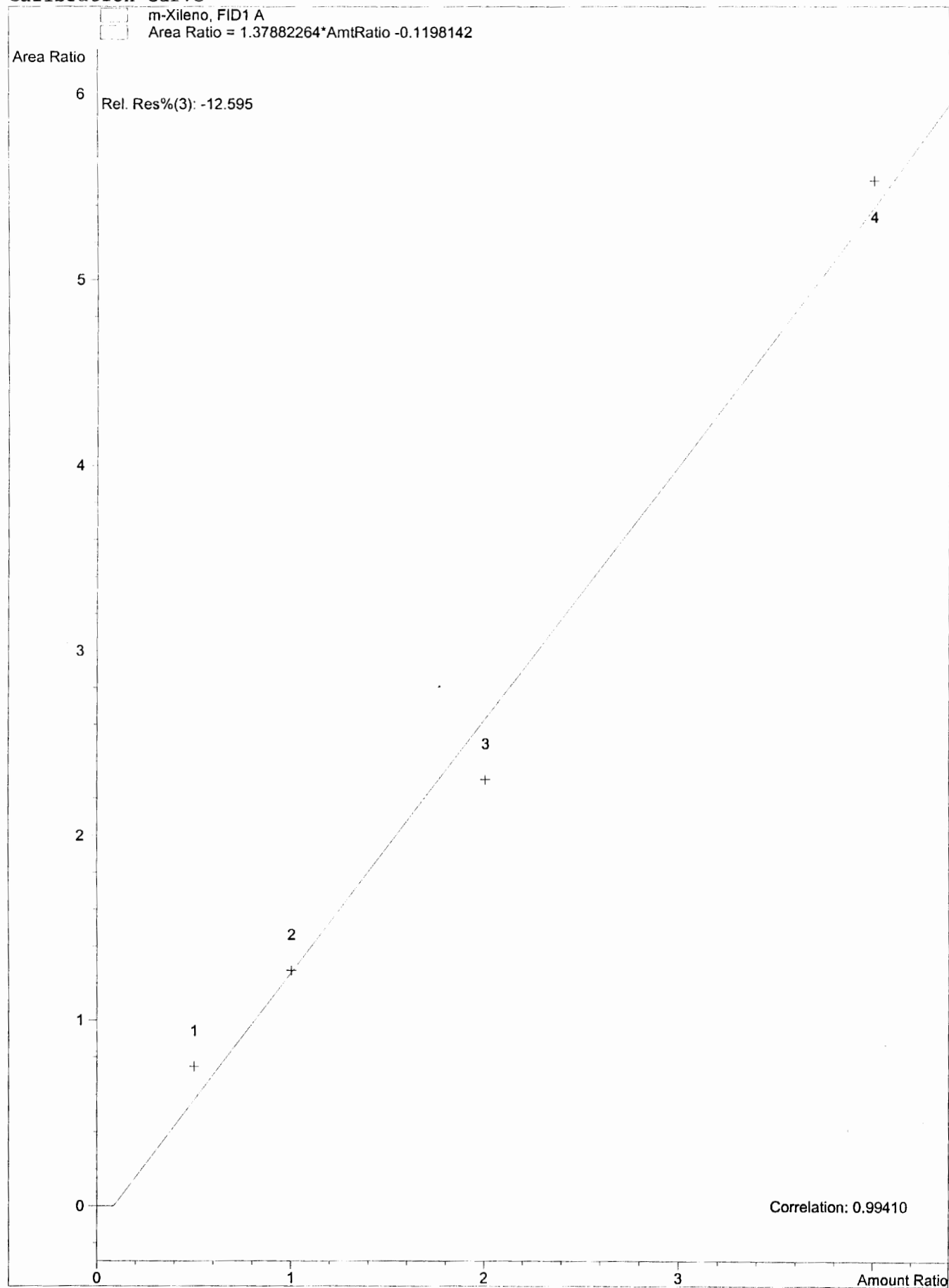
Rel. Res%(3): -9.191



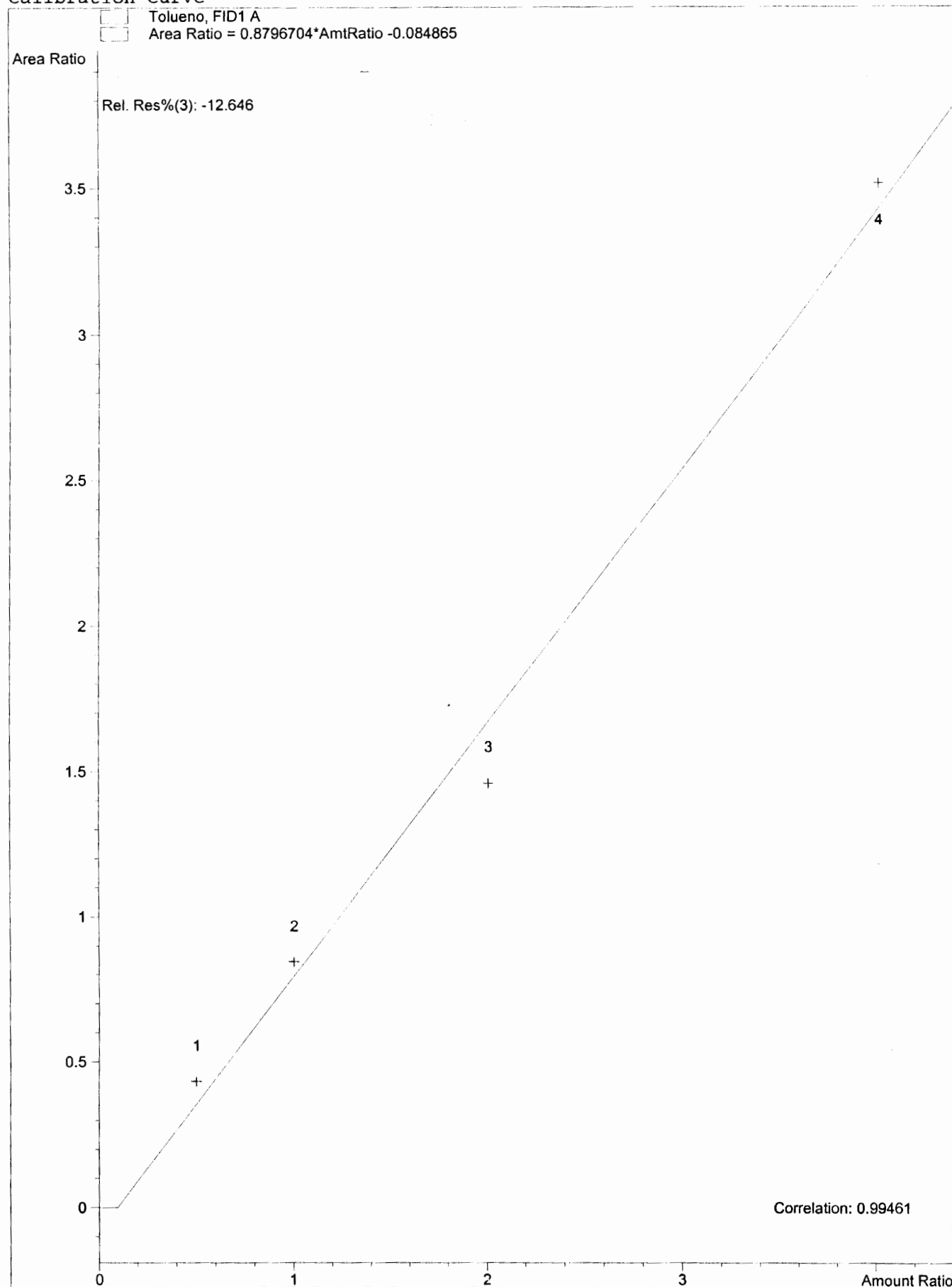
Calibration Curve

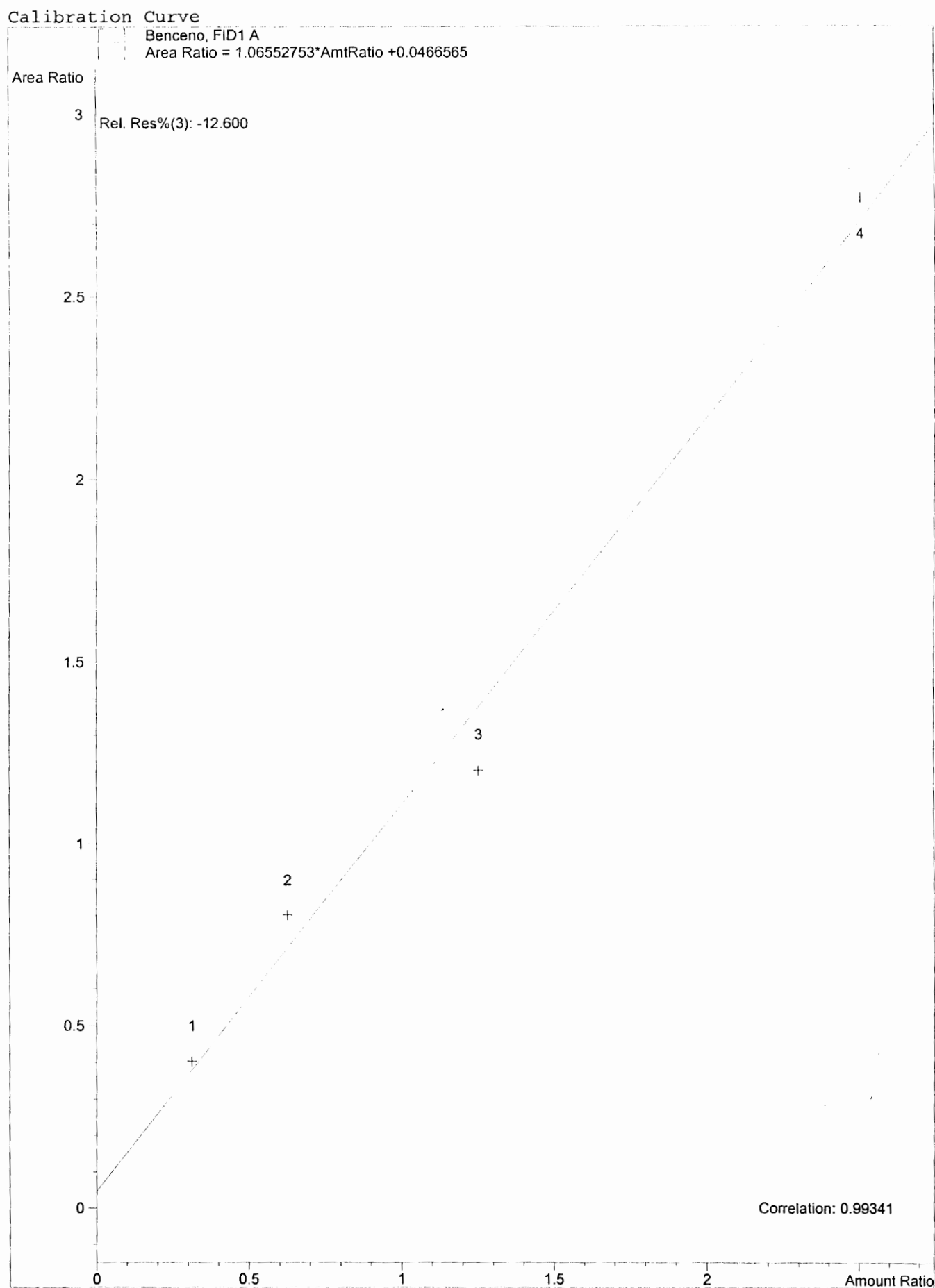


Calibration Curve



Calibration Curve

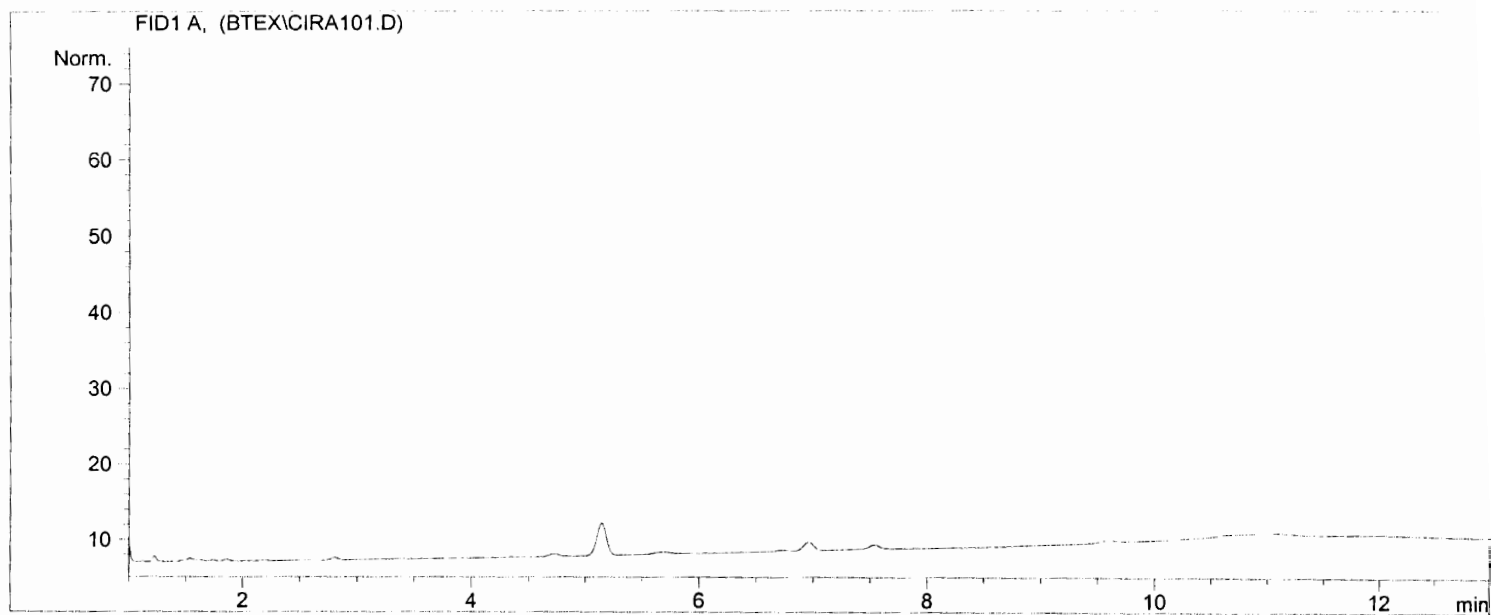




2 ml de muestra PP3-M1 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno

```
=====
Injection Date   : 10/12/2004 07:27:24 a.m.      Seq. Line :    7
Sample Name     : PP3-M1                        Location  : Vial 1
Acq. Operator   : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method          : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



```
=====
Internal Standard Report
=====
```

```
Sorted By           : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier          : 1.0000
Dilution            : 1.0000
Sample Amount        : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD  ISTD Amount  Name
#      [µg/L]
-----|-----|-----
1      1.50000    SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.807	-	-	-	-	-	Benceno
4.730	-	-	-	-	-	Tolueno
5.146	-	-	-	-	-	SI o-Fluorotolueno
6.730	-	-	-	-	-	Etil benceno
6.960	-	-	-	-	-	m-Xileno
7.541	-	-	-	-	-	p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

2 ml de muestra PP3-M1 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno

=====

Injection Date	: 10/12/2004 07:27:24 a.m.	Seq. Line	: 7
Sample Name	: PP3-M1	Location	: Vial 1
Acq. Operator	: Yader Hernández	Inj	: 1
		Inj Volume	: Manually
Sequence File	: C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S		
Method	: C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M		
Last changed	: 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández		
Determinacion de sustancias volatiles			

=====

2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Time reference compound(s) not found

=====

Area Percent Report

=====

Sorted By	:	Signal
Calib. Data Modified	:	06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier	:	1.0000
Dilution	:	1.0000
Sample Amount	:	2.00000 [µg/L] (not used in calc.)

Signal 1: FID1 A,

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %	Name
1	2.807		0.0000	0.00000	0.00000	Benceno
2	4.730		0.0000	0.00000	0.00000	Tolueno
3	5.146	+I	0.0000	0.00000	0.00000	SI o-Fluorotolueno
4	6.730		0.0000	0.00000	0.00000	Etil benceno
5	6.960		0.0000	0.00000	0.00000	m-Xileno
6	7.541		0.0000	0.00000	0.00000	p-Xileno

Totals : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Time reference compound(s) not found

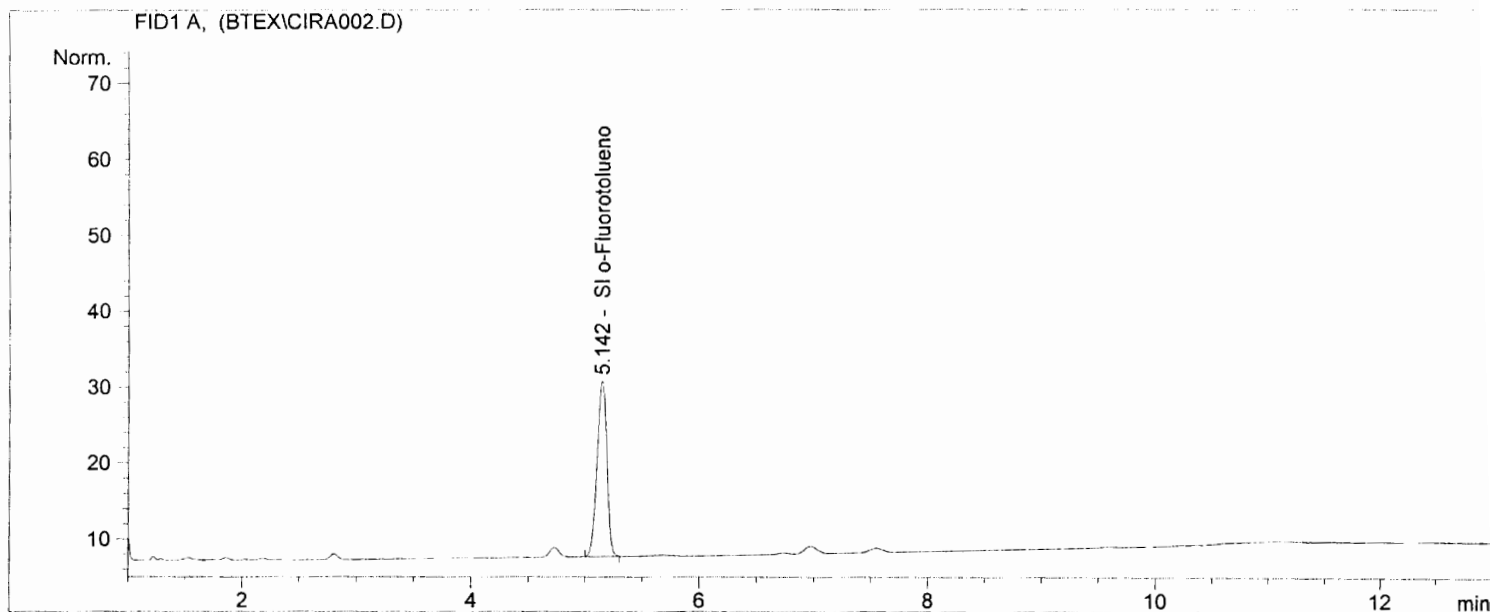
=====

*** End of Report ***

2 ml de muestra PP3-M2 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno

```
=====
Injection Date   : 09/12/2004 09:19:39 a.m.      Seq. Line :    2
Sample Name     : PP3-M2                        Location  : Vial 1
Acq. Operator  : Yader Hernández                Inj       :    1
                                                Inj Volume: Manually

Sequence File   : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method          : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



```
=====
Internal Standard Report
=====
```

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]
-----|-----|-----
1      2.00000 SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.805		-	-	-		Benceno
4.726		-	-	-		Tolueno
5.142	BB +I	138.15918	1.00000	2.00000		SI o-Fluorotolueno
6.724		-	-	-		Etil benceno
6.953		-	-	-		m-Xileno
7.535		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

2 ml de muestra PP3-M2 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno

```
=====
Injection Date   : 09/12/2004 09:19:39 a.m.      Seq. Line :    2
Sample Name     : PP3-M2                        Location  : Vial 1
Acq. Operator   : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method          : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

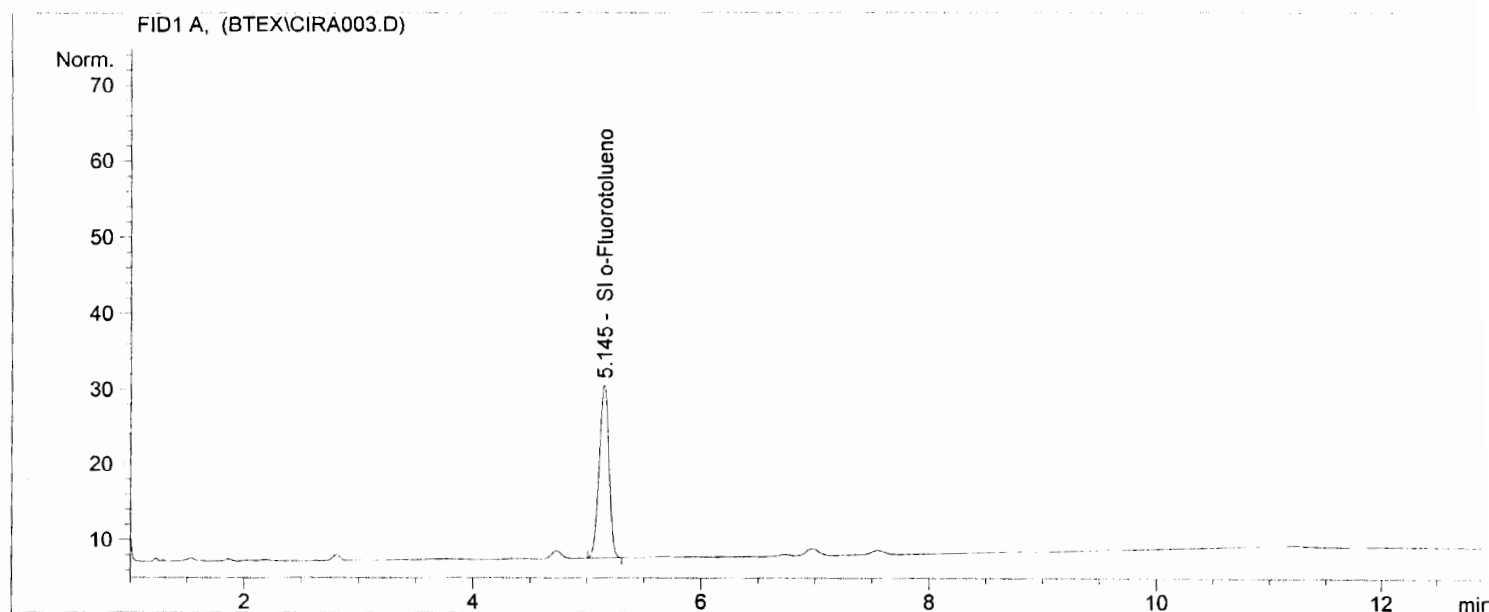
```
=====
*** End of Report ***
=====
```

Data File C:\HPCHEM\1\DATA\2004\BTEX\CIRA003.D
 2 ml de muestra PP3-M3 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
 rotolueno

Sample Name: PP3-

```
=====
Injection Date   : 09/12/2004 09:38:24 a.m.      Seq. Line :    3
Sample Name     : PP3-M3                        Location  : Vial 1
Acq. Operator   : Yader Hernández                Inj       :    1
                                                Inj Volume: Manually

Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method          : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



Internal Standard Report

```
=====
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]
-----|-----|-----
1      2.00000 SI o-Fluorotolueno
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.807		-	-	-		Benceno
4.729		-	-	-		Tolueno
5.145	BB +I	136.78116	1.00000	2.00000		SI o-Fluorotolueno
6.729		-	-	-		Etil benceno
6.958		-	-	-		m-Xileno
7.540		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

Data File C:\HPCHEM\1\DATA\2004\BTEX\CIRA003.D
2 ml de muestra PP3-M3 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno

Sample Name: PP3-

```
=====
Injection Date   : 09/12/2004 09:38:24 a.m.      Seq. Line :    3
Sample Name      : PP3-M3                        Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández                Inj       :    1
                                                Inj Volume: Manually
Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

2 Warnings or Errors :

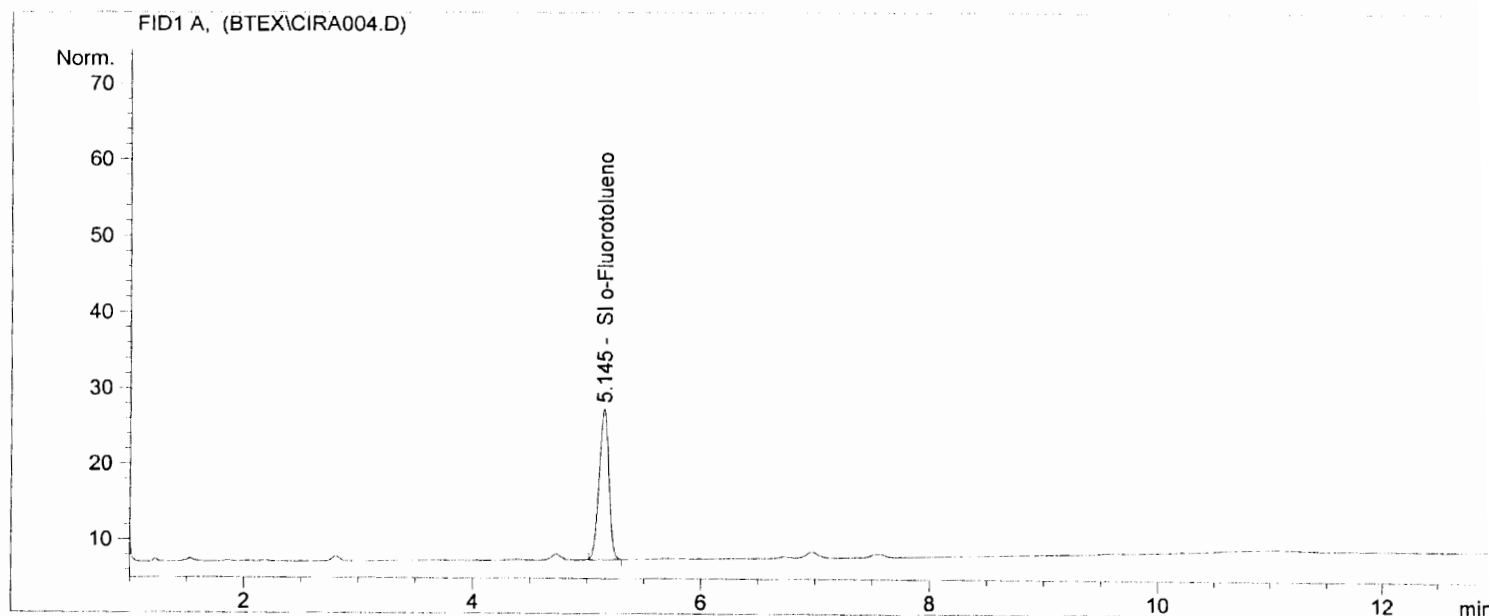
Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
=====
```


2 ml de muestra PE2-M1 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno

```
=====
Injection Date   : 09/12/2004 10:15:24 a.m.      Seq. Line :    4
Sample Name     : PE2-M1                        Location  : Vial 1
Acq. Operator   : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method          : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



```
=====
Internal Standard Report
=====
```

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]
-----|-----|-----
1 1.50000 SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.806		-	-	-		Benceno
4.729		-	-	-		Tolueno
5.145	BB +I	117.81545	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.728		-	-	-		Etil benceno
6.957		-	-	-		m-Xileno
7.539		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

2 ml de muestra PE2-M1 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno

```
=====
Injection Date   : 09/12/2004 10:15:24 a.m.      Seq. Line :    4
Sample Name      : PE2-M1                        Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume : Manually
Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

2 Warnings or Errors :

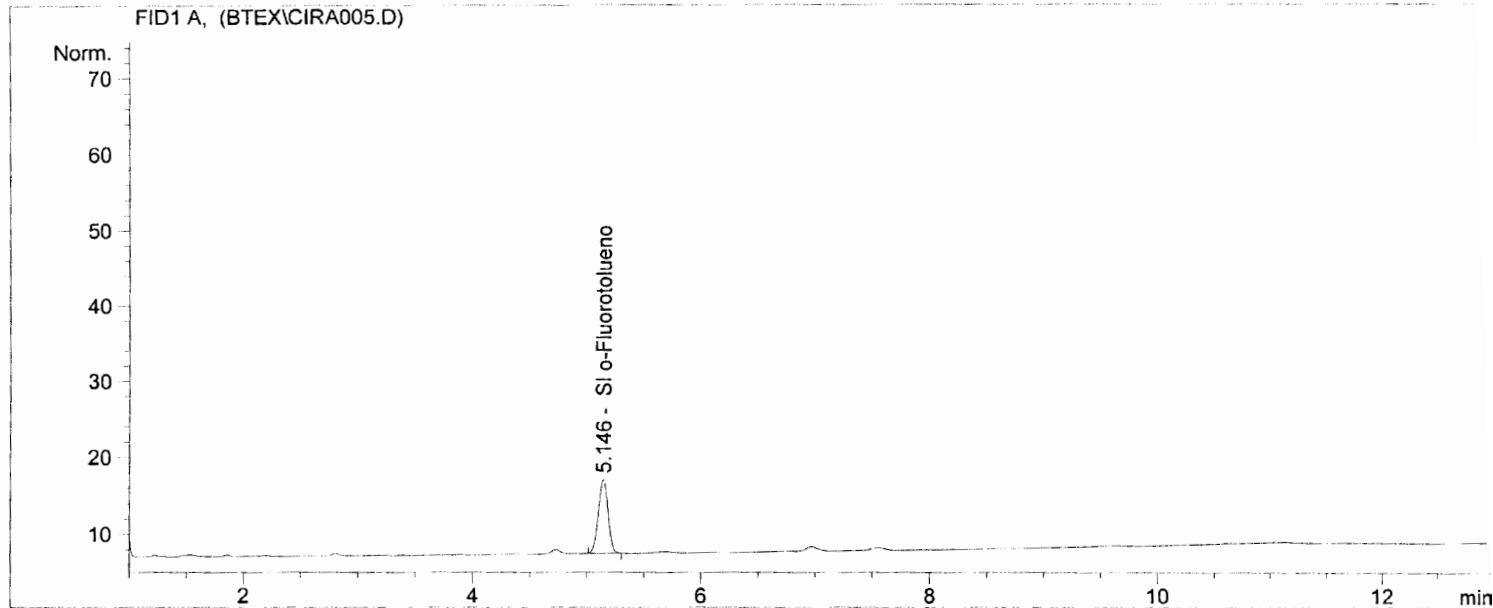
Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
=====
```

2 ml de muestra PE2-M2 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno

```
=====
Injection Date   : 09/12/2004 10:34:09 a.m.      Seq. Line :    5
Sample Name      : PE2-M2                        Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



```
=====
Internal Standard Report
=====
```

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]
-----|-----|-----
1 1.50000 SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.807		-	-	-		Benceno
4.730		-	-	-		Tolueno
5.146	BB +I	57.07746	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.730		-	-	-		Etil benceno
6.959		-	-	-		m-Xileno
7.541		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

2 ml de muestra PE2-M2 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno

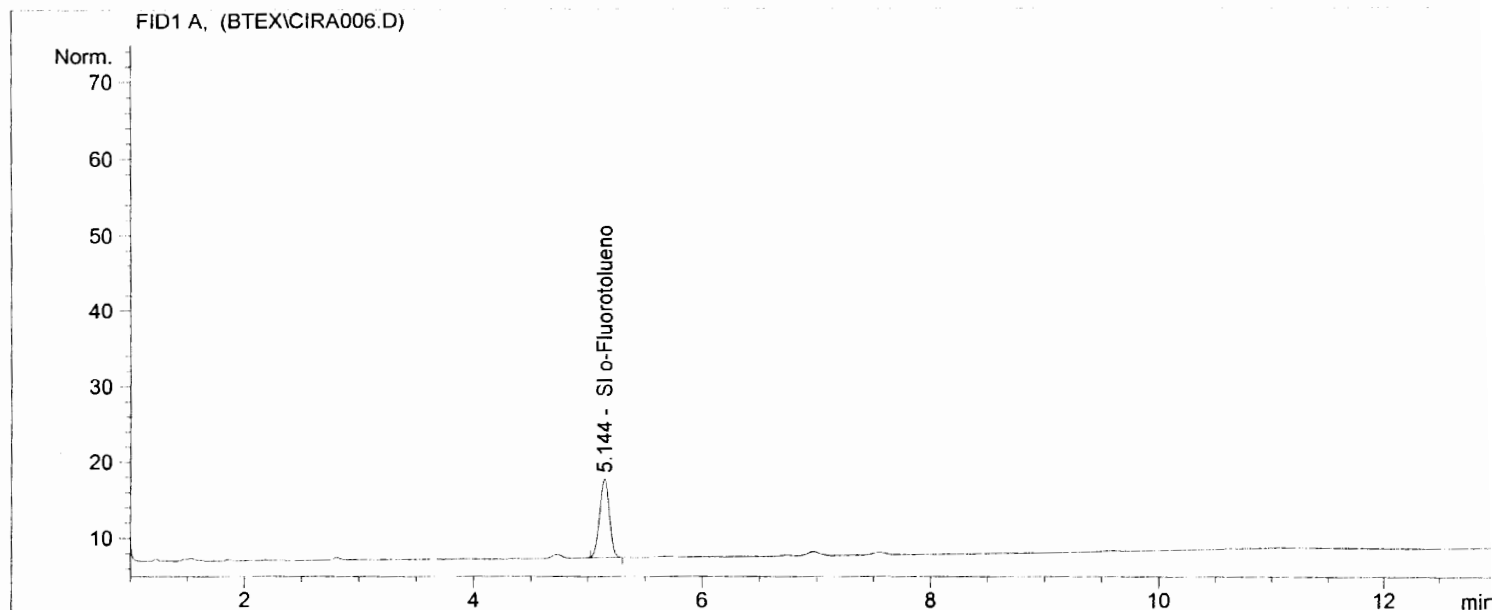
```
=====
Injection Date   : 09/12/2004 10:34:09 a.m.      Seq. Line :    5
Sample Name      : PE2-M2                        Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández               Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
```

=====
 Injection Date : 09/12/2004 10:52:52 a.m. Seq. Line : 6
 Sample Name : PE2-M3 Location : Vial 1
 Acq. Operator : Yader Hernández Inj : 1
 Inj Volume : Manually
 Sequence File : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
 Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
 Last changed : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
 Determinacion de sustancias volatiles
 =====



=====
 Internal Standard Report
 =====

Sorted By : Signal
 Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
 Multiplier : 1.0000
 Dilution : 1.0000
 Sample Amount : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
 Sample ISTD Information:
 ISTD ISTD Amount Name
 # [µg/L]

 1 1.50000 SI o-Fluorotolueno

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.806	-	-	-	-	-	Benceno
4.728	-	-	-	-	-	Tolueno
5.144	BB +I	61.22767	1.00000	1.50000	-	SI o-Fluorotolueno
6.727	-	-	-	-	-	Etil benceno
6.956	-	-	-	-	-	m-Xileno
7.537	-	-	-	-	-	p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

2 ml de muestra PE2-M3 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno

```
=====
Injection Date   : 09/12/2004 10:52:52 a.m.      Seq. Line :    6
Sample Name     : PE2-M3                        Location  : Vial 1
Acq. Operator   : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method          : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

2 Warnings or Errors :

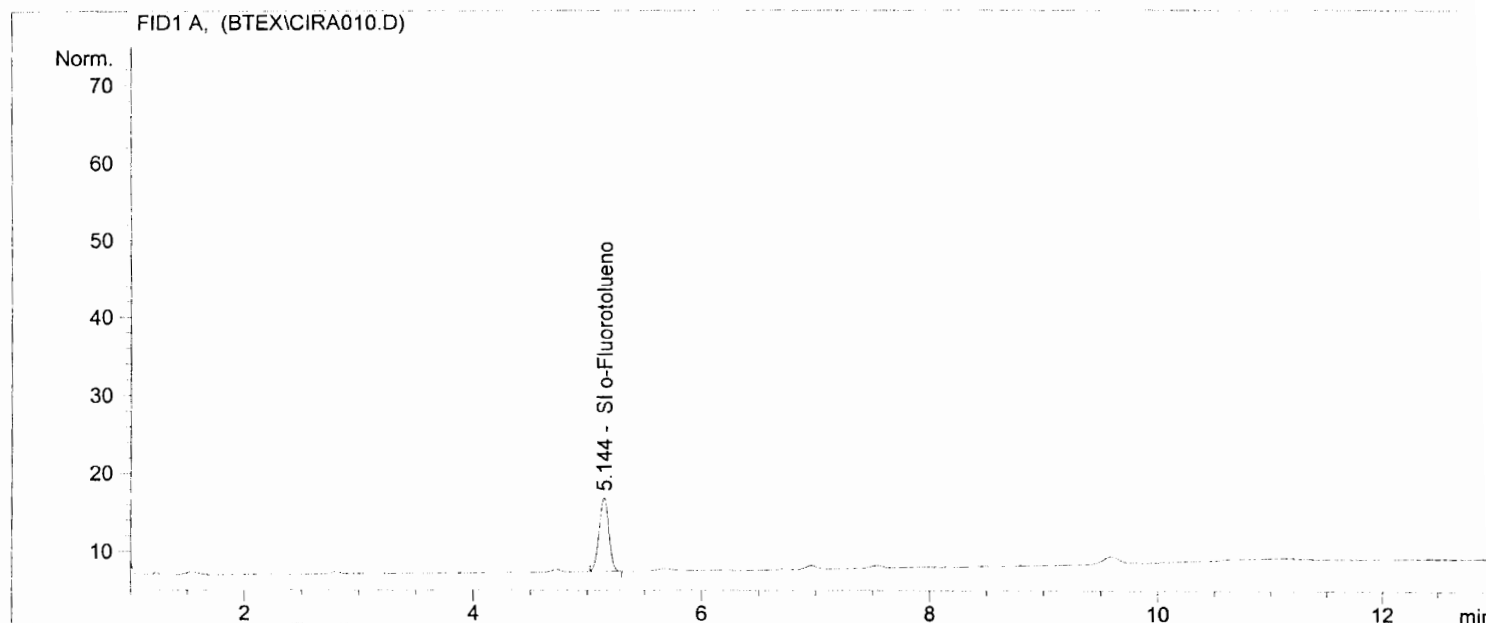
Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
=====
```

Data File C:\HPCHEM\1\DATA\2004\BTEX\CIRA010.D
 2 ml de muestra PE1-M1 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
 rotolueno

Sample Name: PE1-i

=====
 Injection Date : 10/12/2004 09:14:34 a.m. Seq. Line : 11
 Sample Name : PE1-M1 Location : Vial 1
 Acq. Operator : Yader Hernández Inj : 1
 Inj Volume : Manually
 Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
 Last changed : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
 Determinacion de sustancias volatiles
 =====



=====
 Internal Standard Report
 =====

Sorted By : Signal
 Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
 Multiplier : 1.0000
 Dilution : 1.0000
 Sample Amount : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
 Sample ISTD Information:
 ISTD Amount Name
 # [µg/L]
 -----|-----
 1 1.50000 SI o-Fluorotolueno

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.806	-	-	-	-	-	Benceno
4.728	-	-	-	-	-	Tolueno
5.144	BB +I	56.17191	1.00000	1.50000	-	SI o-Fluorotolueno
6.728	-	-	-	-	-	Etil benceno
6.957	-	-	-	-	-	m-Xileno
7.538	-	-	-	-	-	p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

2 ml de muestra PE1-M1 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno

```
=====
Injection Date   : 10/12/2004 09:14:34 a.m.      Seq. Line :   11
Sample Name      : PE1-M1                        Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández              Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

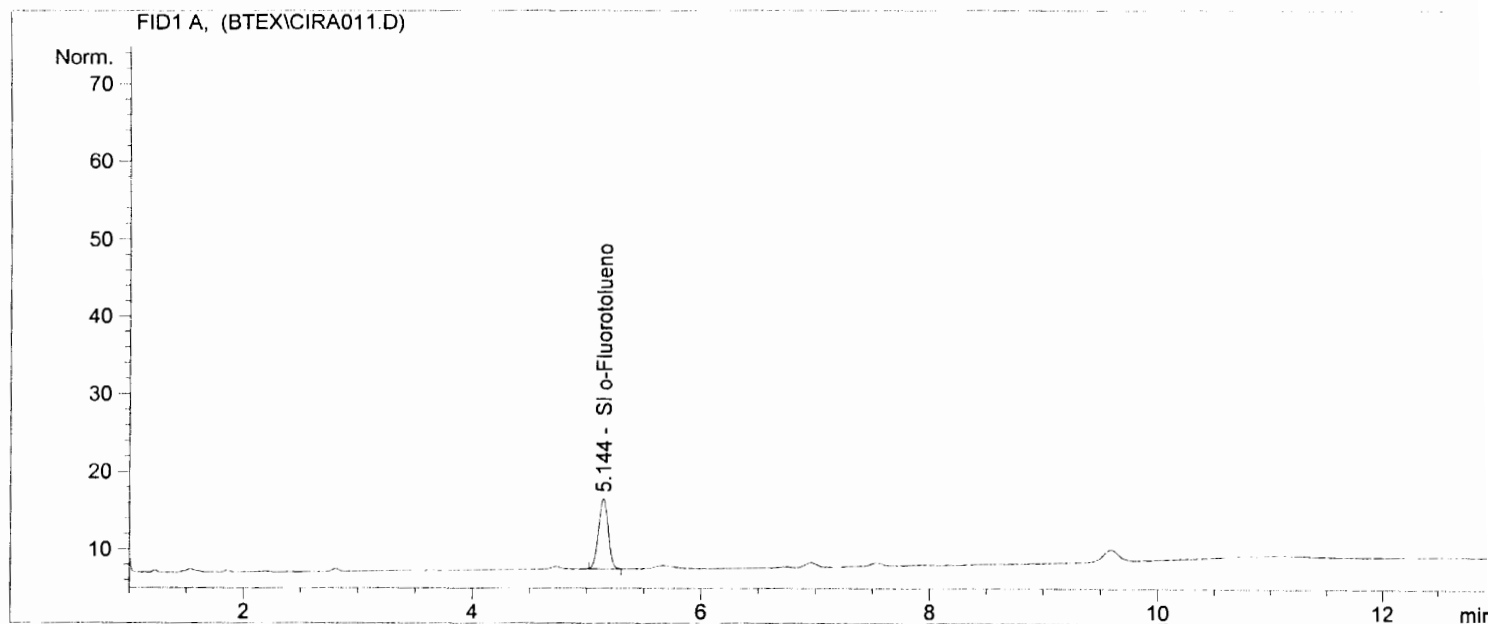
2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
```



```
=====
Injection Date   : 10/12/2004 09:33:15 a.m.      Seq. Line :   12
Sample Name      : PE1-M2                        Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández              Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



Internal Standard Report

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]
-----|-----|-----
1 1.50000 SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.806		-	-	-		Benceno
4.728		-	-	-		Tolueno
5.144	BB +I	53.78359	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.727		-	-	-		Etil benceno
6.957		-	-	-		m-Xileno
7.538		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

2 ml de muestra PE1-M2 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno

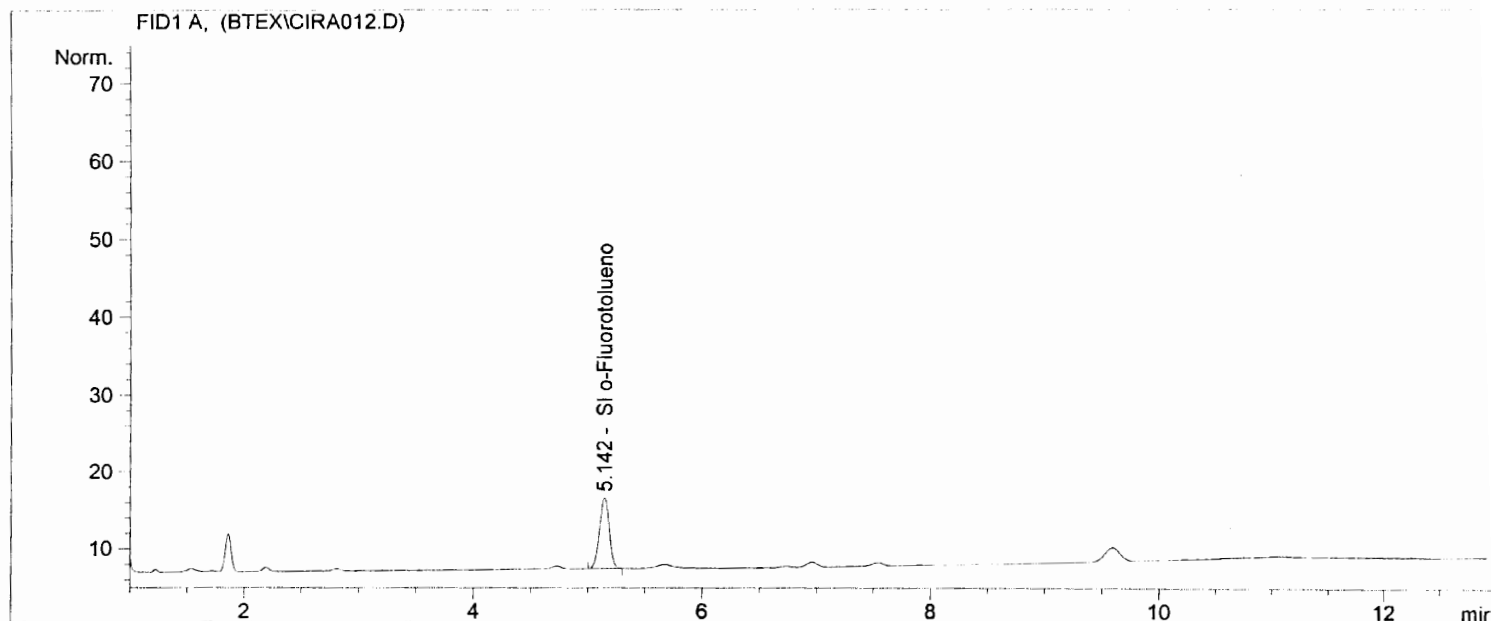
```
=====
Injection Date   : 10/12/2004 09:33:15 a.m.      Seq. Line :   12
Sample Name      : PE1-M2                        Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández                Inj       :    1
                                                    Inj Volume: Manually
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
=====
```

```
=====
Injection Date   : 10/12/2004 09:52:00 a.m.      Seq. Line :   13
Sample Name      : PE1M3                        Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández              Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



Internal Standard Report

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]
-----|-----|-----
1 1.50000 SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.805		-	-	-		Benceno
4.726		-	-	-		Tolueno
5.142	BB +I	54.53232	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.724		-	-	-		Etil benceno
6.953		-	-	-		m-Xileno
7.535		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

Data File C:\HPCHEM\1\DATA\2004\BTEX\CIRA012.D
2 ml de muestra PE1-M3 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno

Sample Name: PE1

```
=====
Injection Date   : 10/12/2004 09:52:00 a.m.      Seq. Line :   13
Sample Name      : PE1M3                          Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume : Manually
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

2 Warnings or Errors :

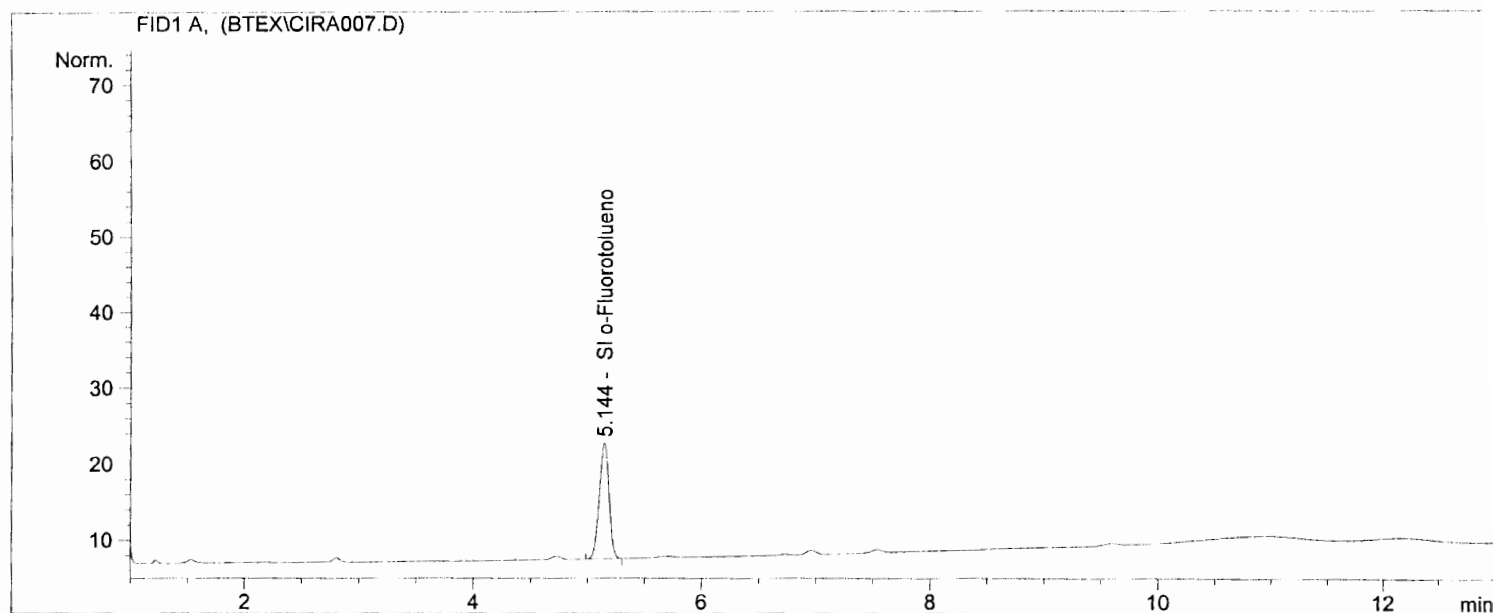
Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
=====
```

2 ml de muestra PP2-M1 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno

```
=====
Injection Date   : 10/12/2004 08:18:26 a.m.      Seq. Line :    8
Sample Name     : PP2-M1                        Location  : Vial 1
Acq. Operator  : Yader Hernández                Inj       :    1
                                                Inj Volume: Manually

Sequence File   : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method          : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



```
=====
Internal Standard Report
=====
```

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]
-----|-----
1 1.50000 SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.806		-	-	-		Benceno
4.728		-	-	-		Tolueno
5.144	BB +I	90.31772	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.727		-	-	-		Etil benceno
6.956		-	-	-		m-Xileno
7.537		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

2 ml de muestra PP2-M1 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno

```
=====
Injection Date   : 10/12/2004 08:18:26 a.m.      Seq. Line :    8
Sample Name      : PP2-M1                        Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

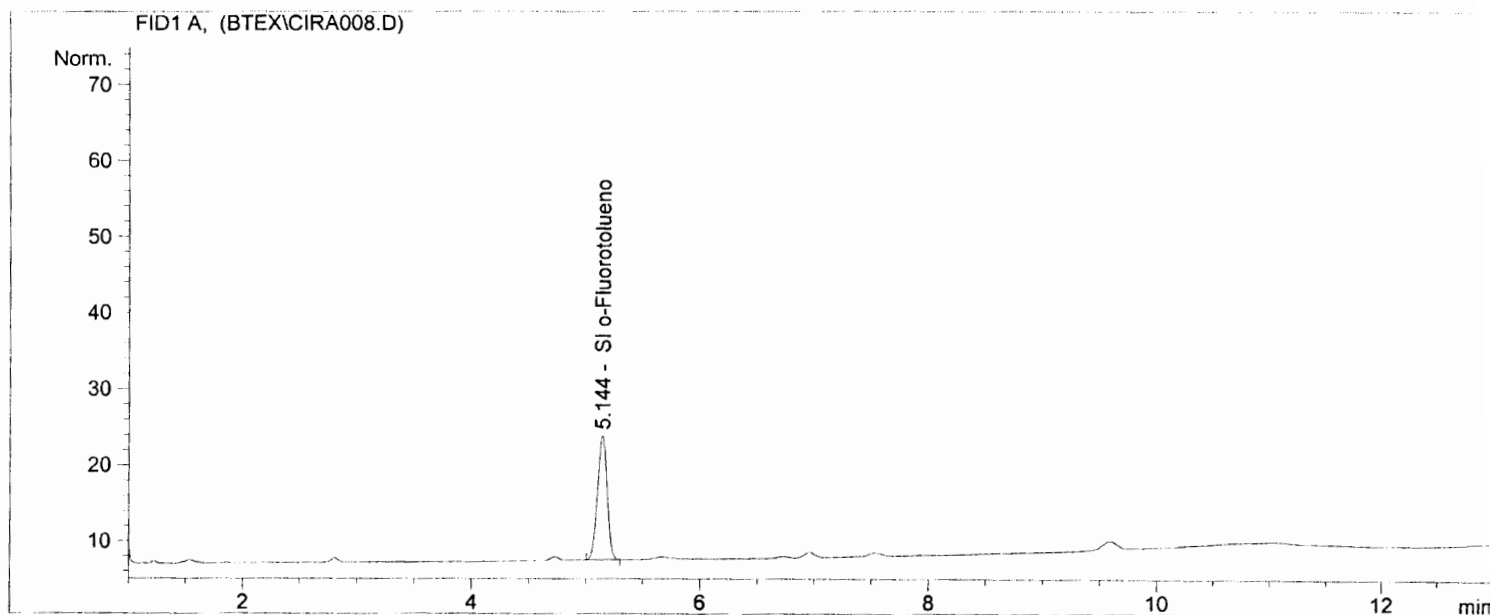
2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
=====
```

```
=====
Injection Date   : 10/12/2004 08:37:09 a.m.      Seq. Line :    9
Sample Name      : PP2-M2                        Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



Internal Standard Report

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
Sample Amount    : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]
-----|-----|-----
1 1.50000 SI o-Fluorotolueno
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.806		-	-	-		Benceno
4.728		-	-	-		Tolueno
5.144	BB +I	97.17719	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.727		-	-	-		Etil benceno
6.957		-	-	-		m-Xileno
7.538		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

2 ml de muestra PP2-M2 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno

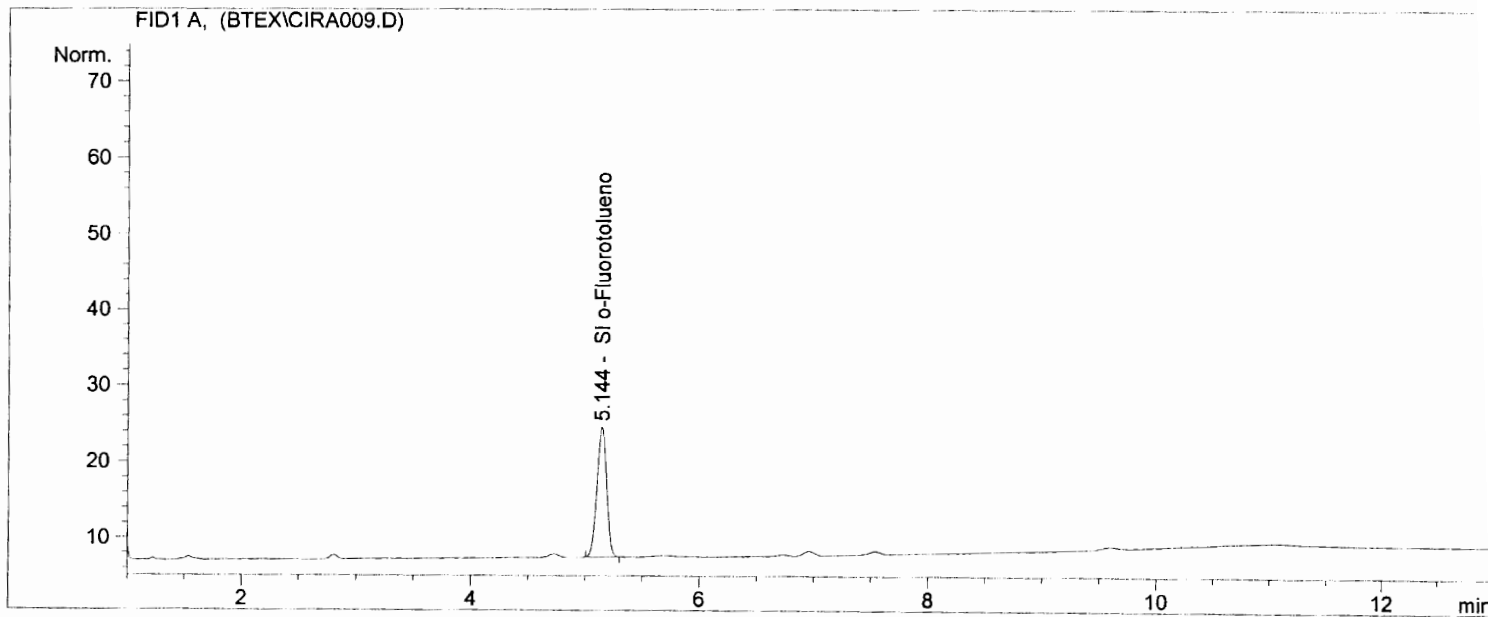
```
=====
Injection Date   : 10/12/2004 08:37:09 a.m.      Seq. Line :    9
Sample Name     : PP2-M2                        Location  : Vial 1
Acq. Operator   : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Sequence File   : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method          : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
=====
```


=====
Injection Date : 10/12/2004 08:55:49 a.m. Seq. Line : 10
Sample Name : PP2-M3 Location : Vial 1
Acq. Operator : Yader Hernández Inj : 1
Inj Volume : Manually
Sequence File : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====



=====
Internal Standard Report
=====

Sorted By : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier : 1.0000
Dilution : 1.0000
Sample Amount : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
[µg/L]
-----|-----|-----
1 1.50000 SI o-Fluorotolueno

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.806		-	-	-		Benceno
4.728		-	-	-		Tolueno
5.144	BB +I	101.14335	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.727		-	-	-		Etil benceno
6.956		-	-	-		m-Xileno
7.537		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

Data File C:\HPCHEM\1\DATA\2004\BTEX\CIRA009.D
2 ml de muestra PP2-M3 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno

Sample Name: PP2-

```
=====
Injection Date   : 10/12/2004 08:55:49 a.m.      Seq. Line :   10
Sample Name      : PP2-M3                        Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

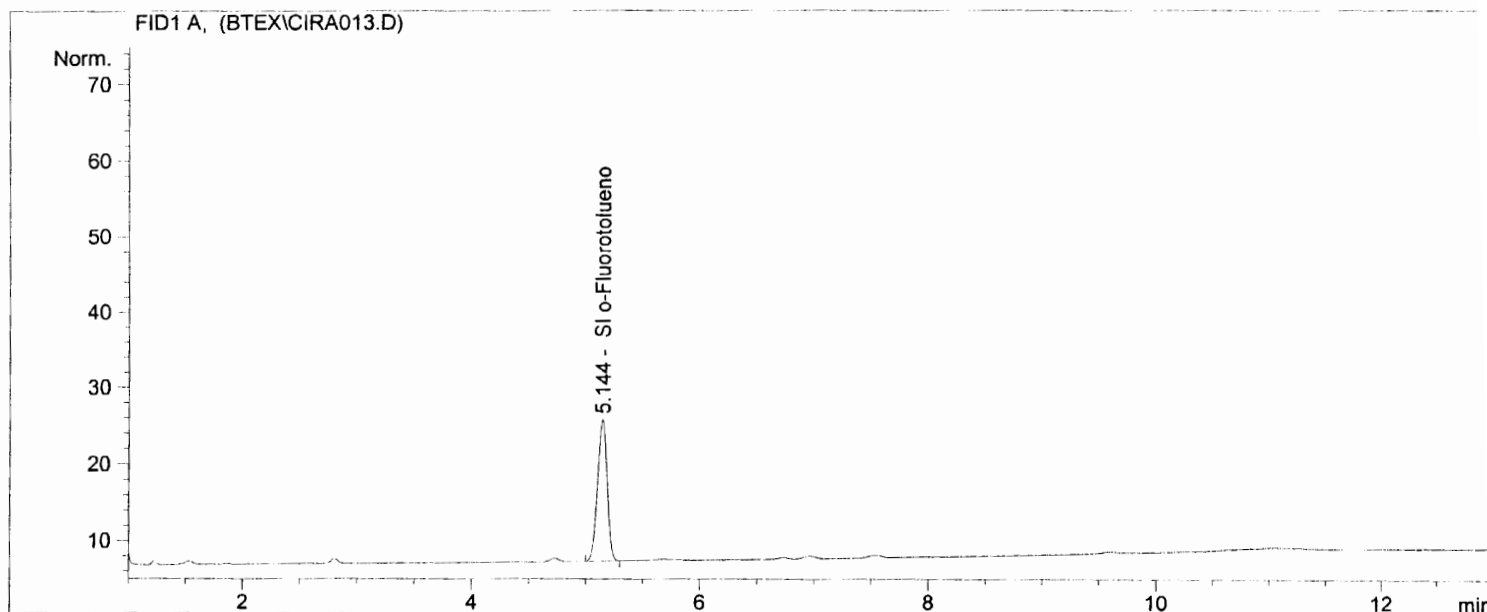
2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
=====
```

```
=====
Injection Date   : 10/12/2004 01:25:08 p.m.      Seq. Line :   14
Sample Name      : MAN-1                          Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



Internal Standard Report

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
Sample Amount    : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]
-----|-----|-----
1 1.50000 SI o-Fluorotolueno
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.806		-	-	-		Benceno
4.728		-	-	-		Tolueno
5.144	BB +I	108.57200	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.727		-	-	-		Etil benceno
6.956		-	-	-		m-Xileno
7.538		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

2 ml de muestra MAN-1 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluor
otolueno

```
=====
Injection Date   : 10/12/2004 01:25:08 p.m.      Seq. Line :   14
Sample Name      : MAN-1                          Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

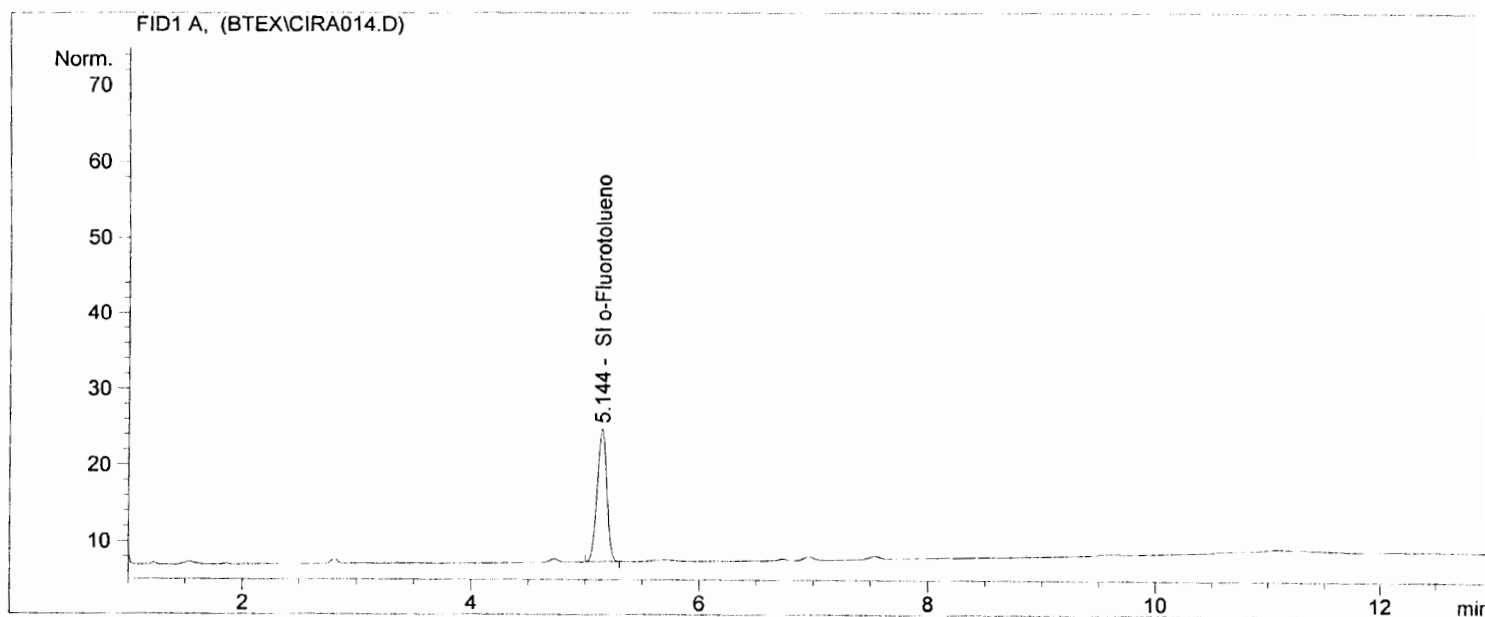
Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
=====
```

=====
Injection Date : 10/12/2004 01:43:49 p.m. Seq. Line : 15
Sample Name : MAN-2 Location : Vial 1
Acq. Operator : Yader Hernández Inj : 1
Inj Volume : Manually
Sequence File : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====



=====
Internal Standard Report
=====

Sorted By : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier : 1.0000
Dilution : 1.0000
Sample Amount : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)

Sample ISTD Information:

ISTD ISTD Amount Name
[µg/L]

-----|-----|-----
1 1.50000 SI o-Fluorotolueno

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.806		-	-	-		Benceno
4.728		-	-	-		Tolueno
5.144	BB +I	102.61169	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.727		-	-	-		Etil benceno
6.956		-	-	-		m-Xileno
7.538		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

2 ml de muestra MAN-2 con 1.5 ml de SI 2.0 μ g/L o-Fluor
otolueno

```
=====
Injection Date   : 10/12/2004 01:43:49 p.m.      Seq. Line :   15
Sample Name      : MAN-2                          Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández                Inj       :    1
                                                    Inj Volume: Manually
Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

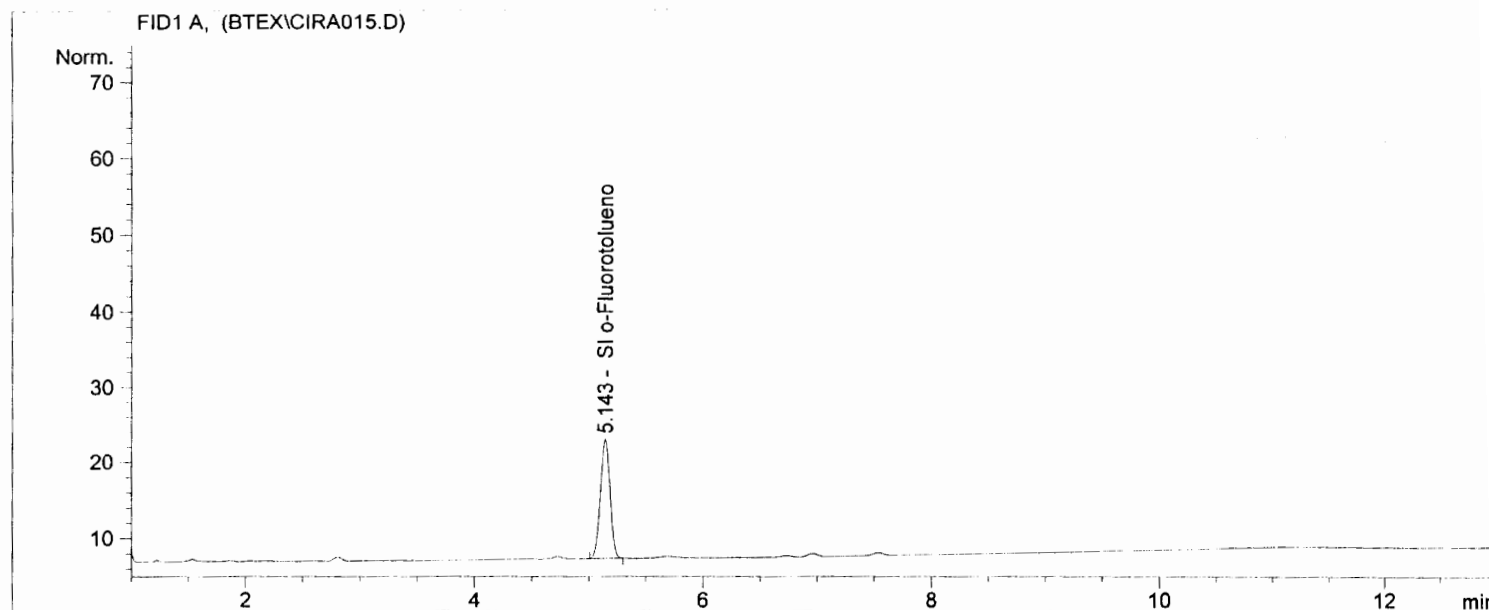
2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
```

```
=====
Injection Date   : 10/12/2004 02:02:32 p.m.      Seq. Line :   16
Sample Name      : MAN-3                          Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández                Inj       :    1
                                                    Inj Volume: Manually

Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



Internal Standard Report

```
=====
Sorted By       : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier      : 1.0000
Dilution        : 1.0000
Sample Amount    : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]
-----|-----
1 1.50000 SI o-Fluorotolueno
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.805		-	-	-		Benceno
4.727		-	-	-		Tolueno
5.143	BB +I	92.17067	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.726		-	-	-		Etil benceno
6.955		-	-	-		m-Xileno
7.536		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

2 ml de muestra MAN-3 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluor
otolueno

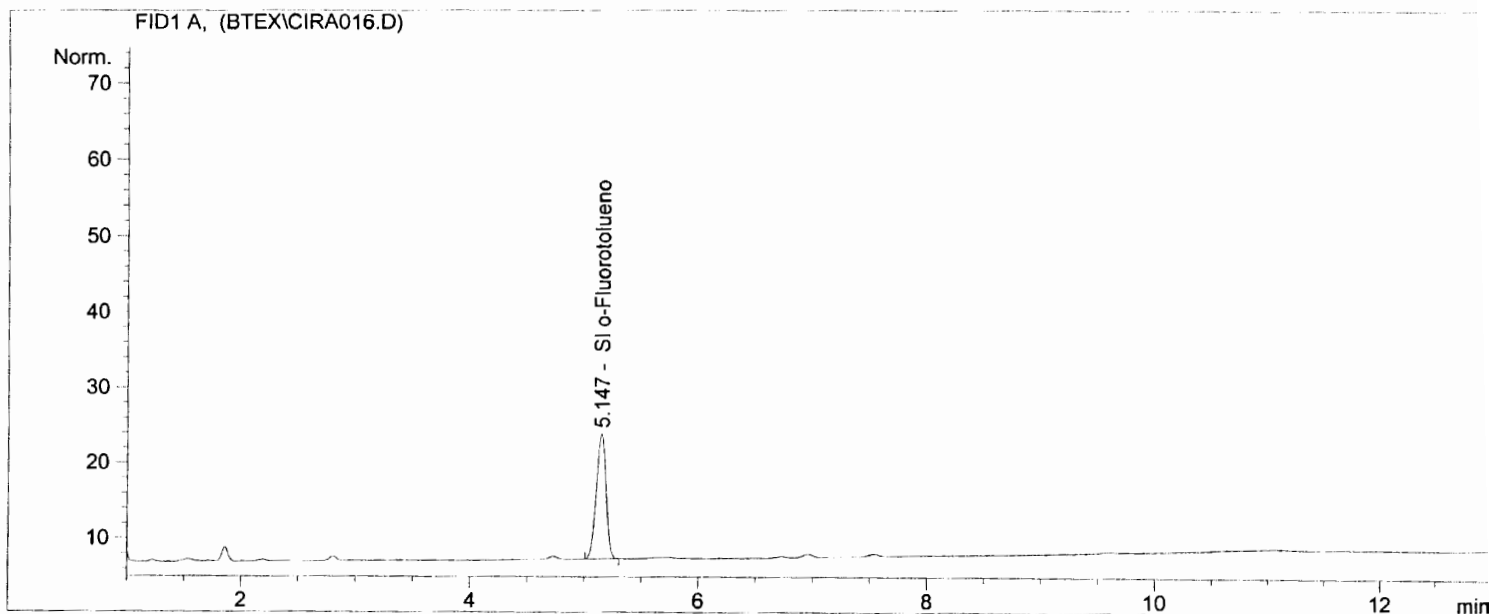
```
=====
Injection Date   : 10/12/2004 02:02:32 p.m.      Seq. Line :   16
Sample Name     : MAN-3                          Location  : Vial 1
Acq. Operator   : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Sequence File   : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method          : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
```


=====
 Injection Date : 10/12/2004 02:27:07 p.m. Seq. Line : 17
 Sample Name : PE2-M1 2a. Location : Vial 1
 Acq. Operator : Yader Hernández Inj : 1
 Inj Volume : Manually
 Sequence File : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
 Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
 Last changed : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
 Determinacion de sustancias volatiles
 =====



=====
 Internal Standard Report
 =====

Sorted By : Signal
 Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
 Multiplier : 1.0000
 Dilution : 1.0000
 Sample Amount : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
 Sample ISTD Information:
 ISTD ISTD Amount Name
 # [µg/L]
 -----|-----|-----
 1 1.50000 SI o-Fluorotolueno

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.808		-	-	-		Benceno
4.731		-	-	-		Tolueno
5.147	BB +I	98.12494	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.731		-	-	-		Etil benceno
6.960		-	-	-		m-Xileno
7.542		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

2 ml de muestra PE2-M1 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno. Segunda entrega del 14/Nov/04

```
=====
Injection Date   : 10/12/2004 02:27:07 p.m.      Seq. Line :   17
Sample Name      : PE2-M1 2a.                    Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández                Inj       :    1
                                                Inj Volume: Manually
Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

2 Warnings or Errors :

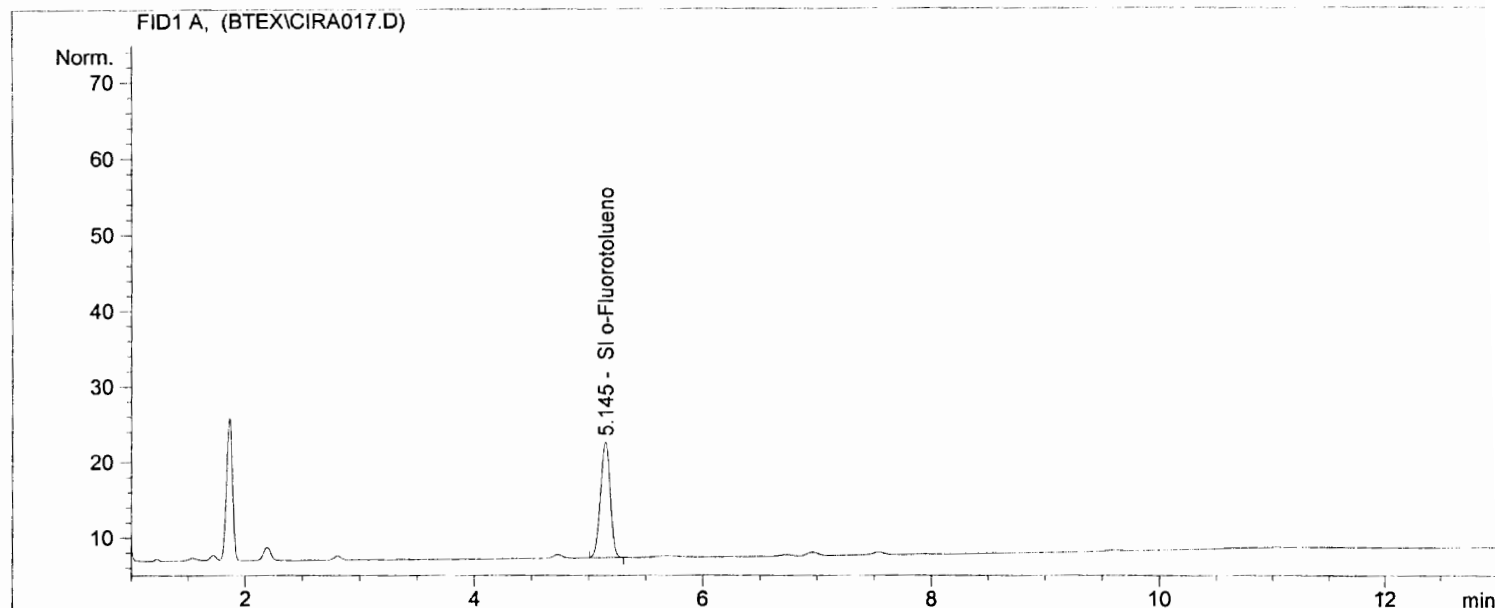
Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
=====
```

2 ml de muestra PE2-M2 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno. Segunda entrega del 14/Nov/04

```
=====
Injection Date   : 10/12/2004 02:45:50 p.m.      Seq. Line :   18
Sample Name     : PE2-M2 2a.                    Location  : Vial 1
Acq. Operator   : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method          : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



```
=====
Internal Standard Report
=====
```

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]
-----|-----|-----
1 1.50000 SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.806		-	-	-		Benceno
4.729		-	-	-		Tolueno
5.145	BP +I	91.31337	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.728		-	-	-		Etil benceno
6.958		-	-	-		m-Xileno
7.539		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

2 ml de muestra PE2-M2 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno. Segunda entrega del 14/Nov/04

```
=====
Injection Date   : 10/12/2004 02:45:50 p.m.      Seq. Line :   18
Sample Name      : PE2-M2 2a.                    Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

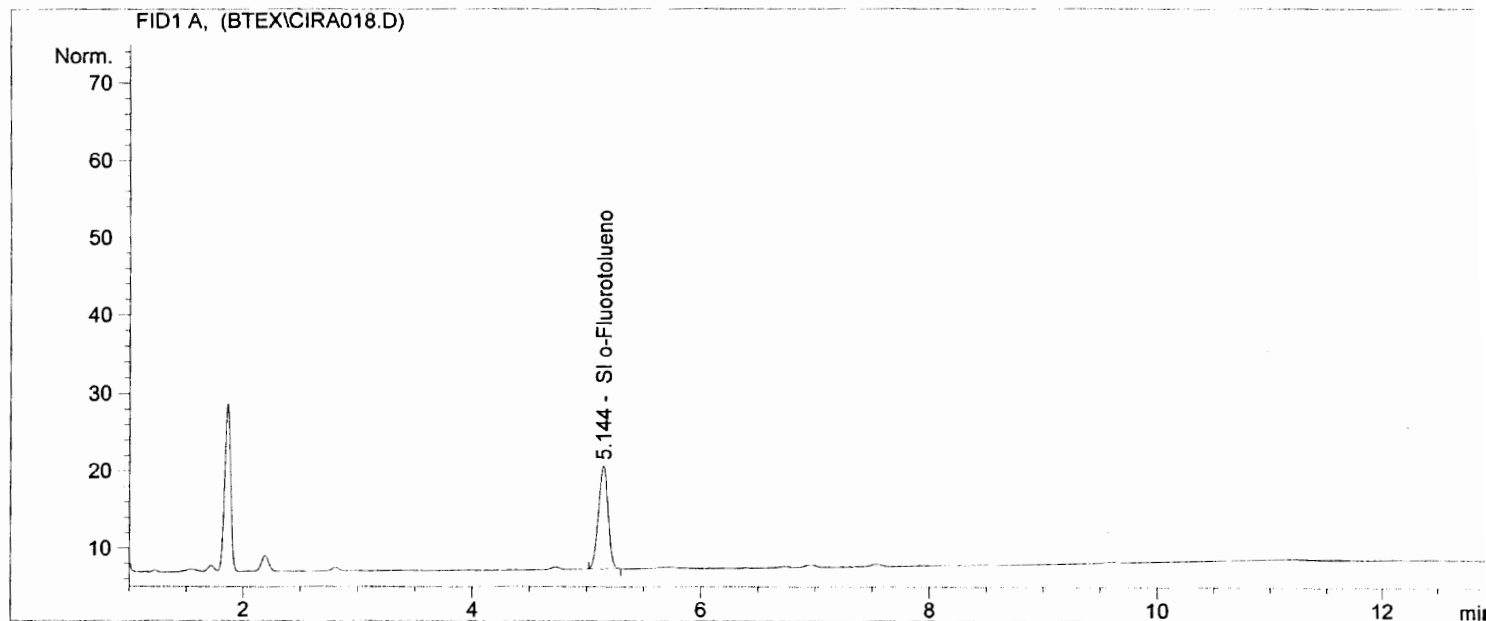
```
=====
*** End of Report ***
```

=====

Injection Date	: 10/12/2004 03:04:33 p.m.	Seq. Line	: 19
Sample Name	: PE2-M3 2a.	Location	: Vial 1
Acq. Operator	: Yader Hernández	Inj	: 1
		Inj Volume	: Manually

Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
 Last changed : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
 Determinacion de sustancias volatiles

=====



=====

Internal Standard Report

=====

Sorted By : Signal
 Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
 Multiplier : 1.0000
 Dilution : 1.0000
 Sample Amount : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
 Sample ISTD Information:
 ISTD ISTD Amount Name
 # [µg/L]
 -----|-----|-----
 1 1.50000 SI o-Fluorotolueno

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.806		-	-	-		Benceno
4.728		-	-	-		Tolueno
5.144	BB +I	78.85892	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.727		-	-	-		Etil benceno
6.956		-	-	-		m-Xileno
7.537		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

2 ml de muestra PE2-M3 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno. Segunda entrega del 14/Nov/04

```
=====
Injection Date   : 10/12/2004 03:04:33 p.m.      Seq. Line :   19
Sample Name      : PE2-M3 2a.                    Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández                Inj       :    1
                                                    Inj Volume: Manually
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

2 Warnings or Errors :

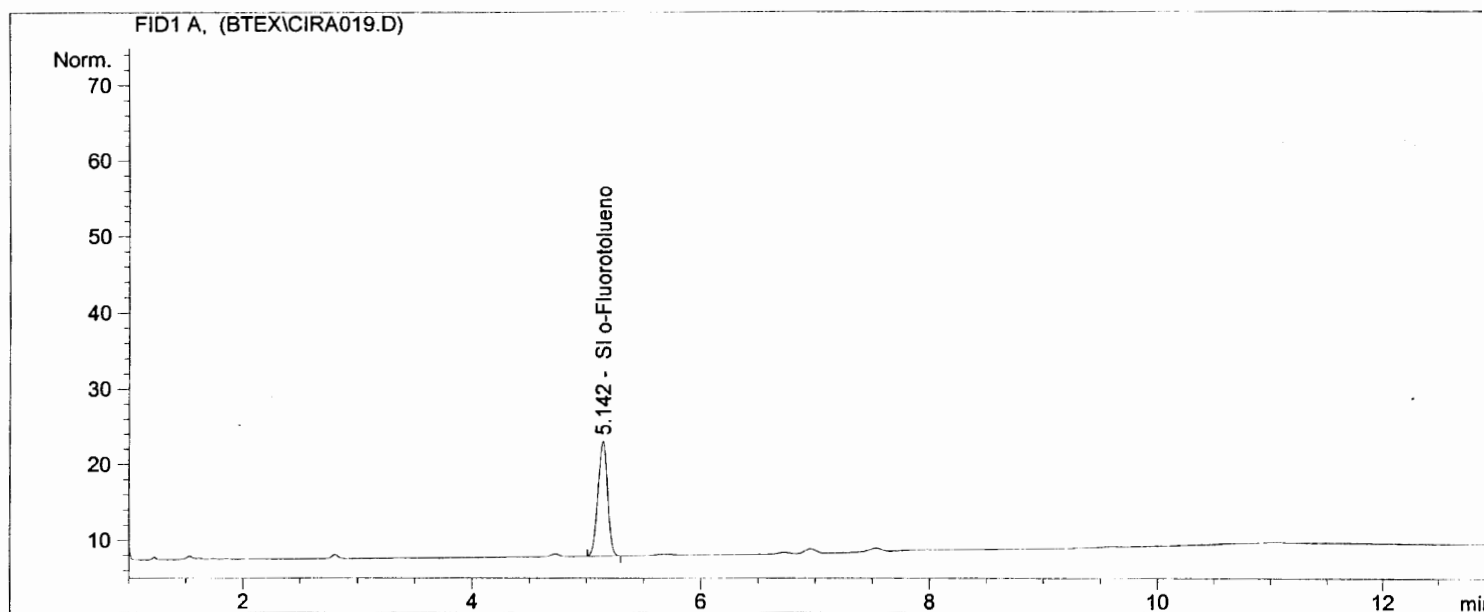
Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

*** End of Report ***

2 ml de muestra PP3-M1 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno. Segunda entrega del 14/Nov/04

```
=====
Injection Date   : 13/12/2004 08:59:08 a.m.      Seq. Line :   20
Sample Name     : PP3-M1 2a.                    Location  : Vial 1
Acq. Operator   : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method          : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



```
=====
Internal Standard Report
=====
```

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]
-----|-----|-----
1 1.50000 SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.805		-	-	-		Benceno
4.726		-	-	-		Tolueno
5.142	BB +I	89.48163	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.724		-	-	-		Etil benceno
6.953		-	-	-		m-Xileno
7.534		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

Data File C:\HPCHEM\1\DATA\2004\BTEX\CIRA019.D

Sample Name: PP3-M

2 ml de muestra PP3-M1 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno. Segunda entrega del 14/Nov/04

```
=====
Injection Date   : 13/12/2004 08:59:08 a.m.      Seq. Line :   20
Sample Name     : PP3-M1 2a.                    Location  : Vial 1
Acq. Operator   : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Sequence File   : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method          : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

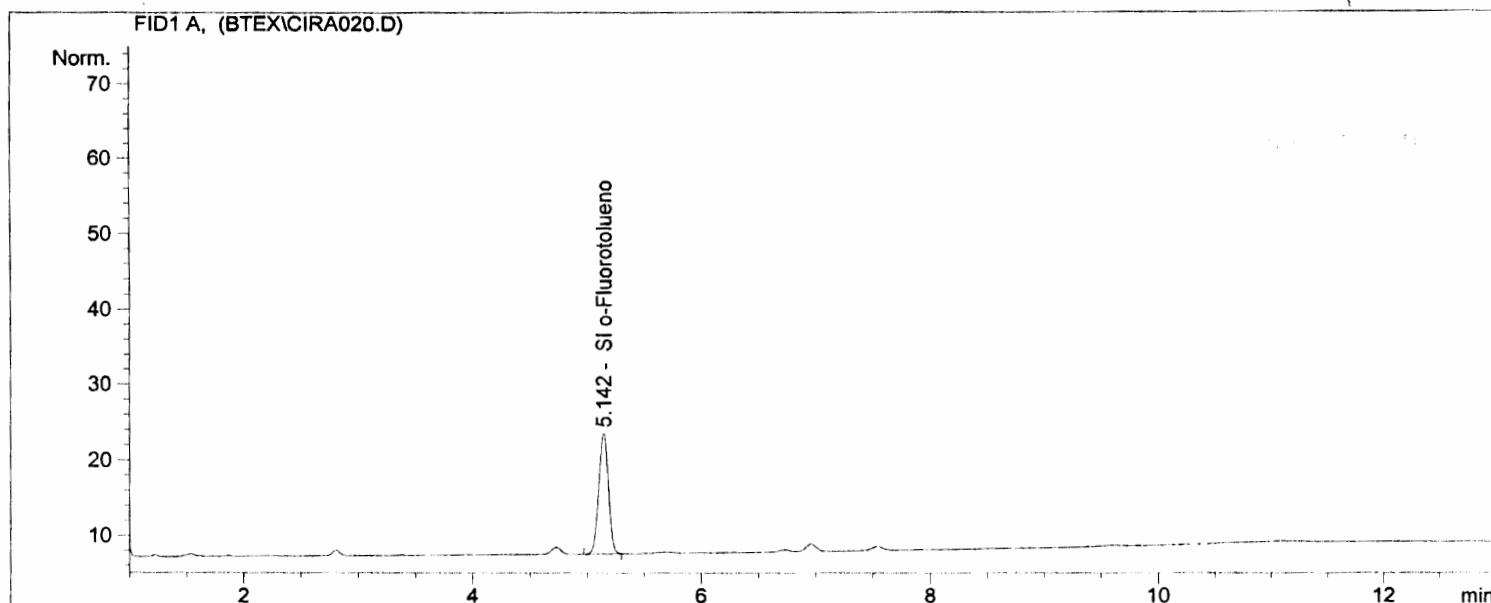
2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
```


2 ml de muestra PP3-M2 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno. Segunda entrega del 14/Nov/04

=====
Injection Date : 13/12/2004 09:17:51 a.m. Seq. Line : 21
Sample Name : PP3-M2 2a. Location : Vial 1
Acq. Operator : Yader Hernández Inj : 1
Inj Volume : Manually
Sequence File : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====



=====
Internal Standard Report
=====

Sorted By : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier : 1.0000
Dilution : 1.0000
Sample Amount : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
[µg/L]

1 2.00000 SI o-Fluorotolueno

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.805		-	-	-		Benceno
4.726		-	-	-		Tolueno
5.142	PB +I	94.85245	1.00000	2.00000		SI o-Fluorotolueno
6.724		-	-	-		Etil benceno
6.953		-	-	-		m-Xileno
7.534		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

2 ml de muestra PP3-M2 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno. Segunda entrega del 14/Nov/04

```
=====
Injection Date   : 13/12/2004 09:17:51 a.m.      Seq. Line :   21
Sample Name      : PP3-M2 2a.                    Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume : Manually

Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

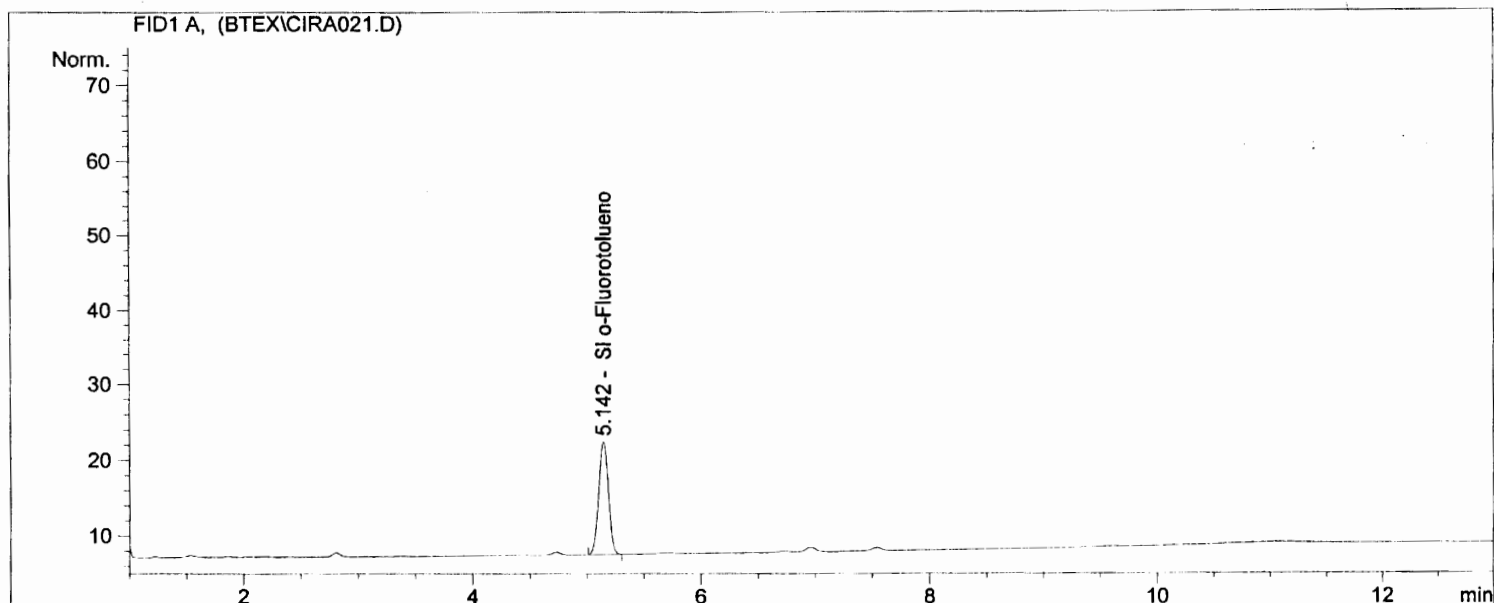
2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
=====
```

2 ml de muestra PP3-M3 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno. Segunda entrega del 14/Nov/04

=====
Injection Date : 13/12/2004 09:36:33 a.m. Seq. Line : 22
Sample Name : PP3-M3 2a. Location : Vial 1
Acq. Operator : Yader Hernández Inj : 1
Inj Volume : Manually
Sequence File : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====



=====
Internal Standard Report
=====

Sorted By : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier : 1.0000
Dilution : 1.0000
Sample Amount : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
[µg/L]

1 2.00000 SI o-Fluorotolueno

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.805		-	-	-		Benceno
4.726		-	-	-		Tolueno
5.142	BB +I	88.31376	1.00000	2.00000		SI o-Fluorotolueno
6.724		-	-	-		Etil benceno
6.954		-	-	-		m-Xileno
7.535		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

2 ml de muestra PP3-M3 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno. Segunda entrega del 14/Nov/04

```
=====
Injection Date   : 13/12/2004 09:36:33 a.m.      Seq. Line :   22
Sample Name      : PP3-M3 2a.                    Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume : Manually

Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

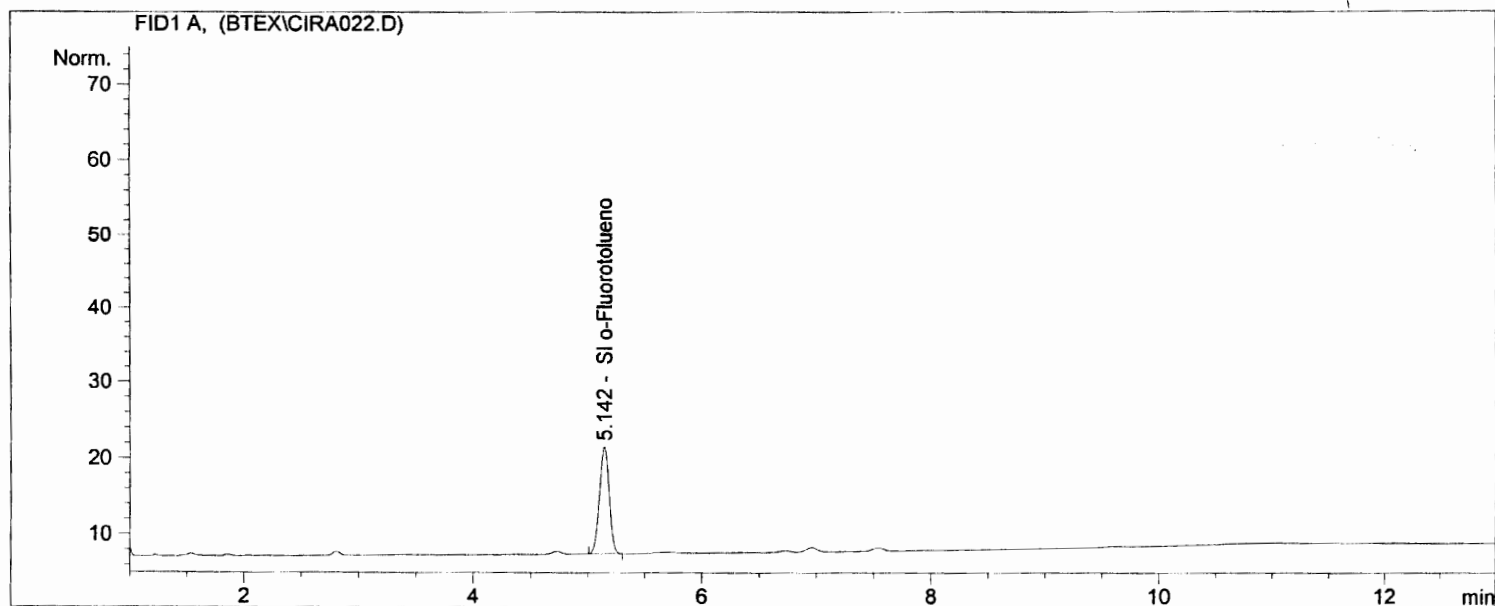
2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
=====
```

2 ml de muestra PE1-M1 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno. Segunda entrega del 14/Nov/04

=====
Injection Date : 13/12/2004 10:22:32 a.m. Seq. Line : 23
Sample Name : PE1-M1 2a. Location : Vial 1
Acq. Operator : Yader Hernández Inj : 1
Inj Volume : Manually
Sequence File : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====



=====
Internal Standard Report
=====

Sorted By : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier : 1.0000
Dilution : 1.0000
Sample Amount : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
[µg/L]

1 1.50000 SI o-Fluorotolueno

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.805		-	-	-		Benceno
4.726		-	-	-		Tolueno
5.142	BB +I	83.25515	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.724		-	-	-		Etil benceno
6.953		-	-	-		m-Xileno
7.534		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

2 ml de muestra PE1-M1 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno. Segunda entrega del 14/Nov/04

```
=====
Injection Date   : 13/12/2004 10:22:32 a.m.      Seq. Line :   23
Sample Name      : PE1-M1 2a.                    Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume : Manually
Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

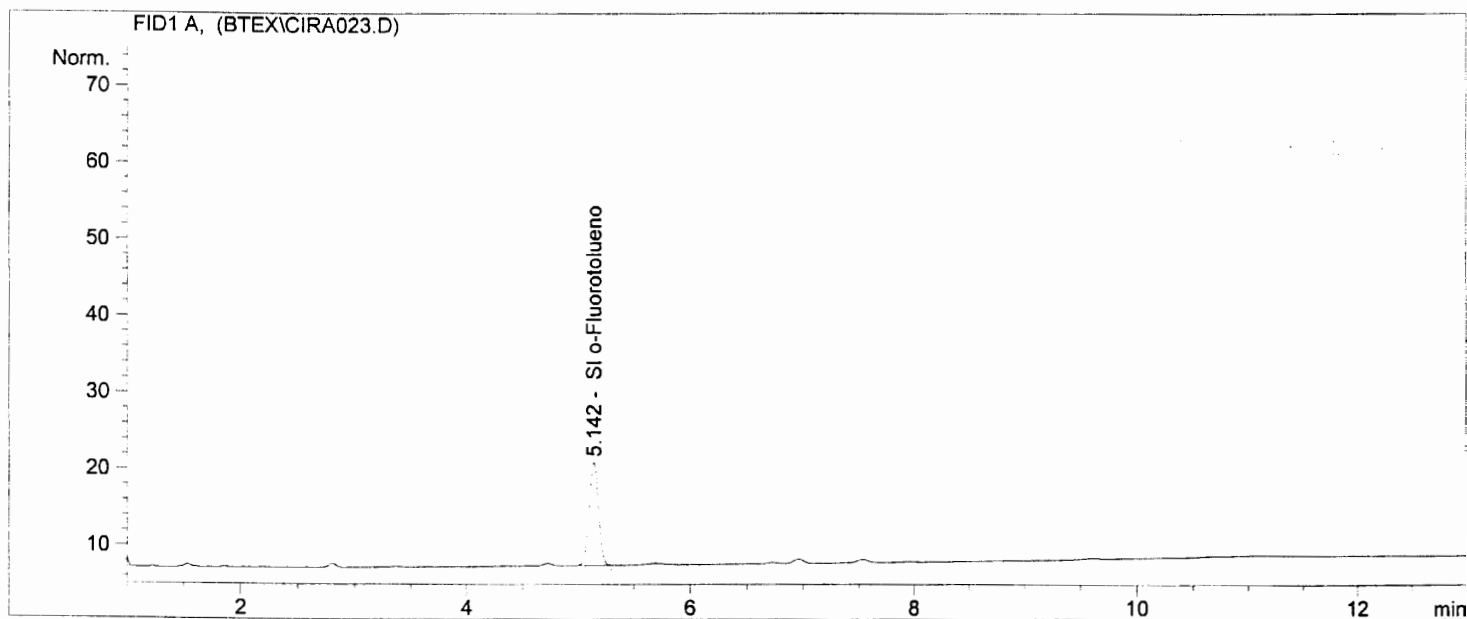
2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
```

- 2 ml de muestra PE1-M2 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno. Segunda entrega del 14/Nov/04

```
=====
Injection Date   : 13/12/2004 10:41:15 a.m.      Seq. Line :   24
Sample Name      : PE1-M2 2a.                    Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



```
=====
Internal Standard Report
=====
```

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
```

```
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]
```

```
-----|-----|-----
1      1.50000 SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.805		-	-	-		Benceno
4.726		-	-	-		Tolueno
5.142	BB +I	79.51292	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.725		-	-	-		Etil benceno
6.954		-	-	-		m-Xileno
7.535		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

```
=====
Injection Date   : 13/12/2004 10:41:15 a.m.      Seq. Line :   24
Sample Name      : PE1-M2 2a.                    Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

2 Warnings or Errors :

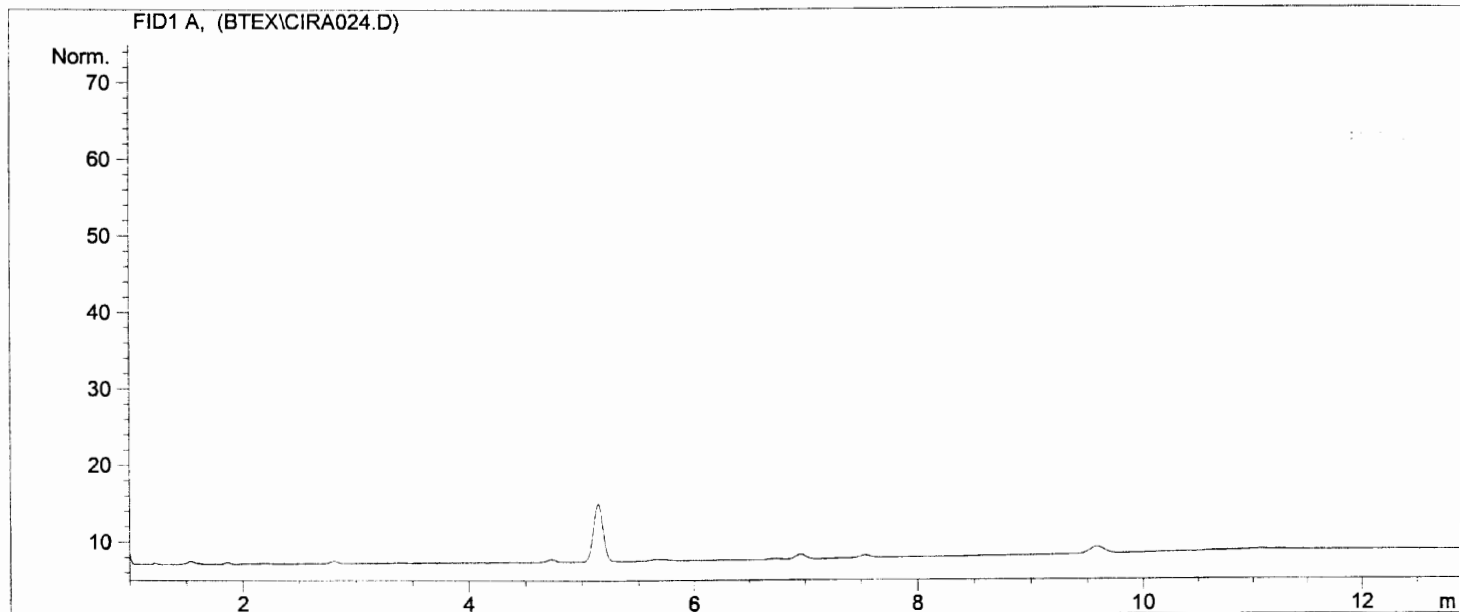
Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
```


2 ml de muestra PE1M3 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno. Segunda entrega del 14/Nov/04

```
=====
Injection Date   : 13/12/2004 10:59:58 a.m.      Seq. Line :   25
Sample Name      : PE1M3 2a.                    Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



```
=====
Internal Standard Report
=====
```

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]
-----|-----|-----
1 1.50000 SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.807	-	-	-	-	-	Benceno
4.730	-	-	-	-	-	Tolueno
5.146	-	-	-	-	-	SI o-Fluorotolueno
6.730	-	-	-	-	-	Etil benceno
6.960	-	-	-	-	-	m-Xileno
7.541	-	-	-	-	-	p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

2 ml de muestra PE1-M3 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno. Segunda entrega del 14/Nov/04

```
=====
Injection Date   : 13/12/2004 10:59:58 a.m.      Seq. Line :   25
Sample Name      : PE1M3 2a.                    Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández              Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Time reference compound(s) not found

```
=====
                          Area Percent Report
=====
```

```
Sorted By           :      Signal
Calib. Data Modified :      06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier          :      1.0000
Dilution            :      1.0000
Sample Amount       :      2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
```

Signal 1: FID1 A,

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %	Name
1	2.807		0.0000	0.00000	0.00000	Benceno
2	4.730		0.0000	0.00000	0.00000	Tolueno
3	5.146	+I	0.0000	0.00000	0.00000	SI o-Fluorotolueno
4	6.730		0.0000	0.00000	0.00000	Etil benceno
5	6.960		0.0000	0.00000	0.00000	m-Xileno
6	7.541		0.0000	0.00000	0.00000	p-Xileno

Totals : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

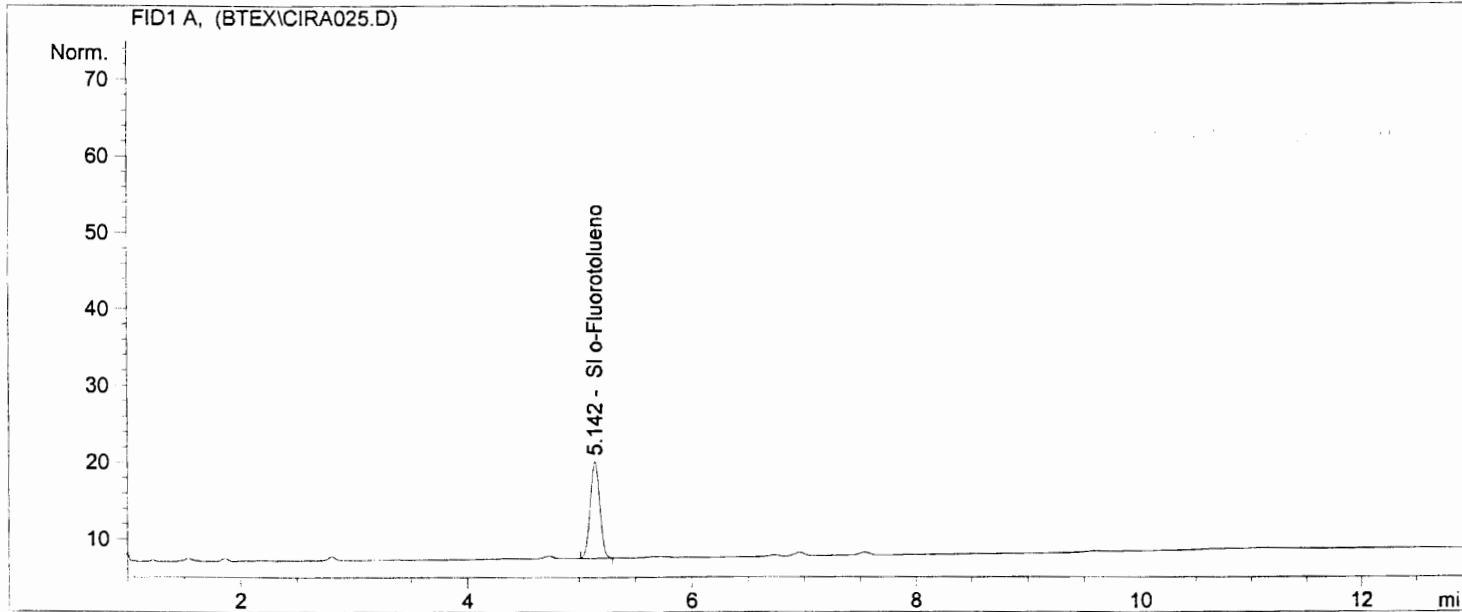
2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Time reference compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
=====
```

2 ml de muestra MAN-1 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluor
otolueno. Segunda entrega del 14/Nov/04

```
=====
Injection Date   : 13/12/2004 11:18:39 a.m.      Seq. Line :   26
Sample Name     : MAN-1 2a                      Location  : Vial 1
Acq. Operator   : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Sequence File   : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method          : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



```
=====
Internal Standard Report
=====
```

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]
-----|-----|-----
1 1.50000 SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.805		-	-	-		Benceno
4.726		-	-	-		Tolueno
5.142	BB +I	74.39751	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.724		-	-	-		Etil benceno
6.953		-	-	-		m-Xileno
7.534		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

```
=====
Injection Date   : 13/12/2004 11:18:39 a.m.      Seq. Line :   26
Sample Name      : MAN-1 2a                      Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández               Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

2 Warnings or Errors :

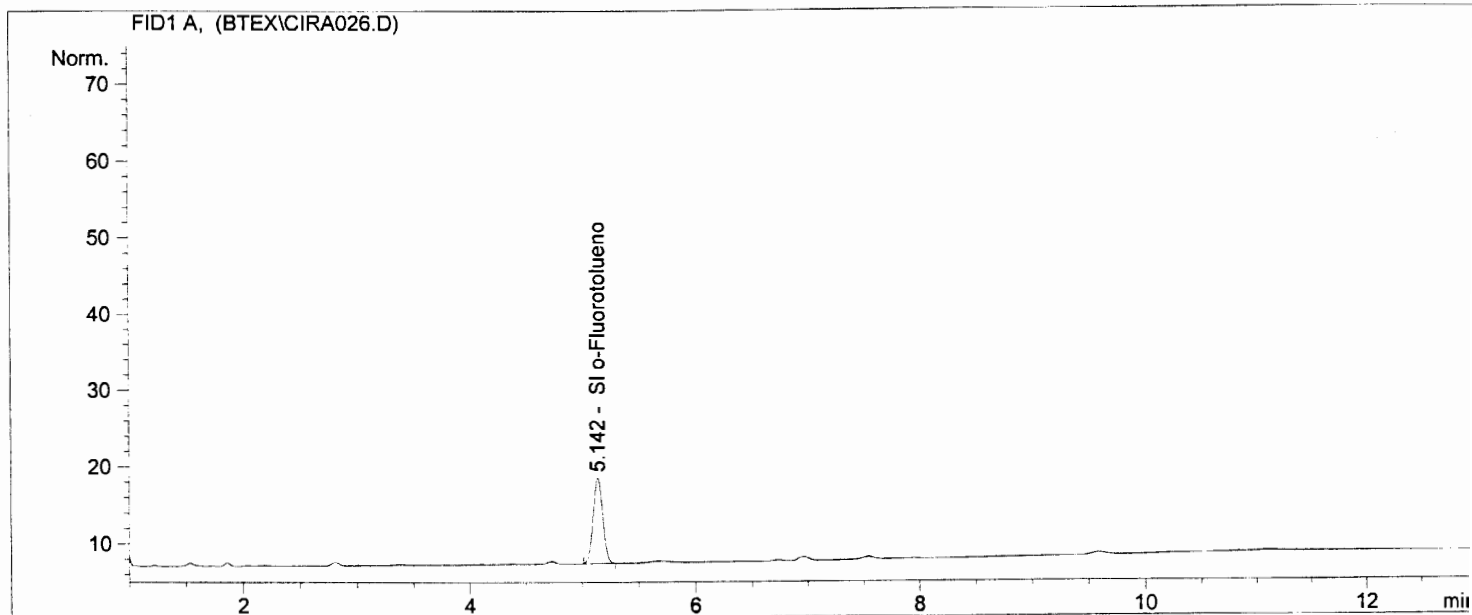
Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
=====
```

2 ml de muestra MAN-2 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluor
otolueno. Segunda entrega del 14/Nov/04

```
=====
Injection Date   : 13/12/2004 11:37:24 a.m.      Seq. Line :   27
Sample Name     : MAN-2 2a                      Location  : Vial 1
Acq. Operator   : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method          : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



```
=====
                        Internal Standard Report
=====
```

```
Sorted By           : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier          : 1.0000
Dilution            : 1.0000
Sample Amount       : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
```

Sample ISTD Information:

ISTD ISTD Amount Name

[µg/L]

```
-----|-----|-----
1      1.50000  SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.805		-	-	-		Benceno
4.726		-	-	-		Tolueno
5.142	BB +I	65.77283	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.724		-	-	-		Etil benceno
6.953		-	-	-		m-Xileno
7.534		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

2 ml de muestra MAN-2 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluor
otolueno. Segunda entrega del 14/Nov/04

```
=====
Injection Date   : 13/12/2004 11:37:24 a.m.      Seq. Line :   27
Sample Name      : MAN-2 2a                      Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

2 Warnings or Errors :

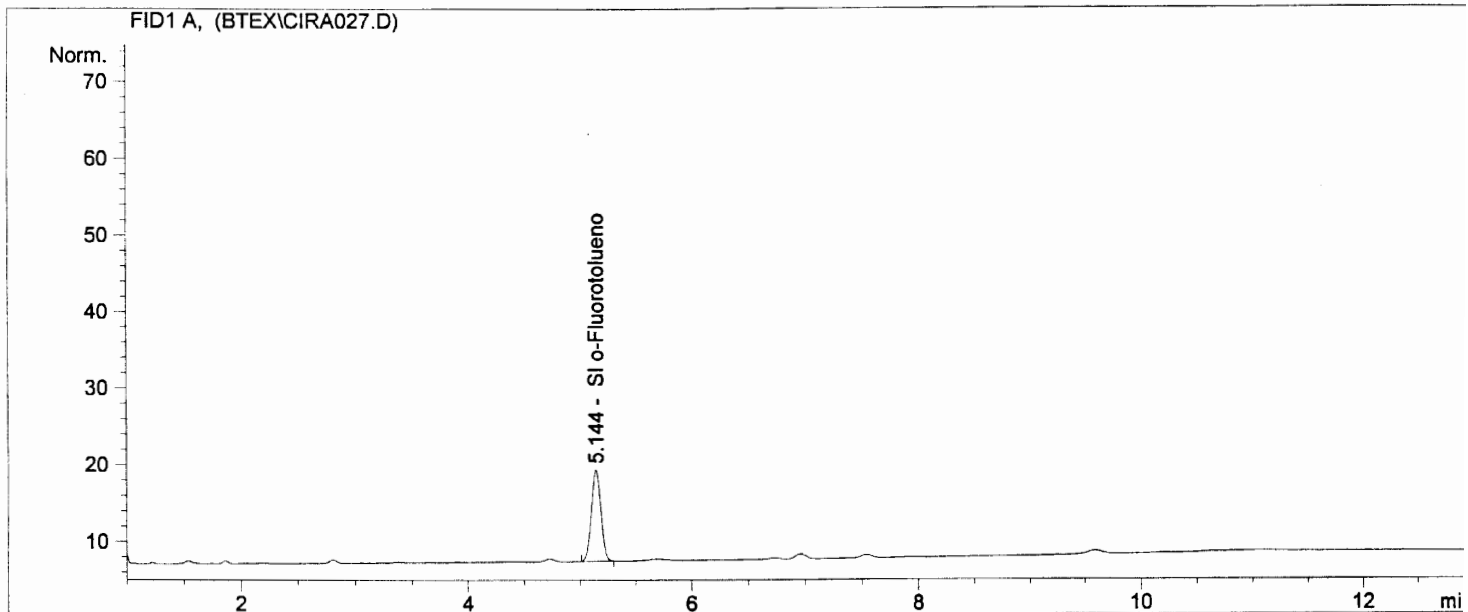
Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
=====
```

2 ml de muestra MAN-3 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluor
 otolueno. Segunda entrega del 14/Nov/04

```
=====
Injection Date   : 13/12/2004 11:56:07 a.m.      Seq. Line :   28
Sample Name     : MAN-3 2a                      Location  : Vial 1
Acq. Operator   : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method          : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



```
=====
Internal Standard Report
=====
```

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD  ISTD Amount  Name
#      [µg/L]
-----|-----|-----
1      1.50000    SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.806		-	-	-		Benceno
4.728		-	-	-		Tolueno
5.144	BB +I	69.96320	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.727		-	-	-		Etil benceno
6.956		-	-	-		m-Xileno
7.538		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

```
=====
Injection Date   : 13/12/2004 11:56:07 a.m.      Seq. Line :   28
Sample Name      : MAN-3 2a                      Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández              Inj       :    1
                                                Inj Volume: Manually
Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

2 Warnings or Errors :

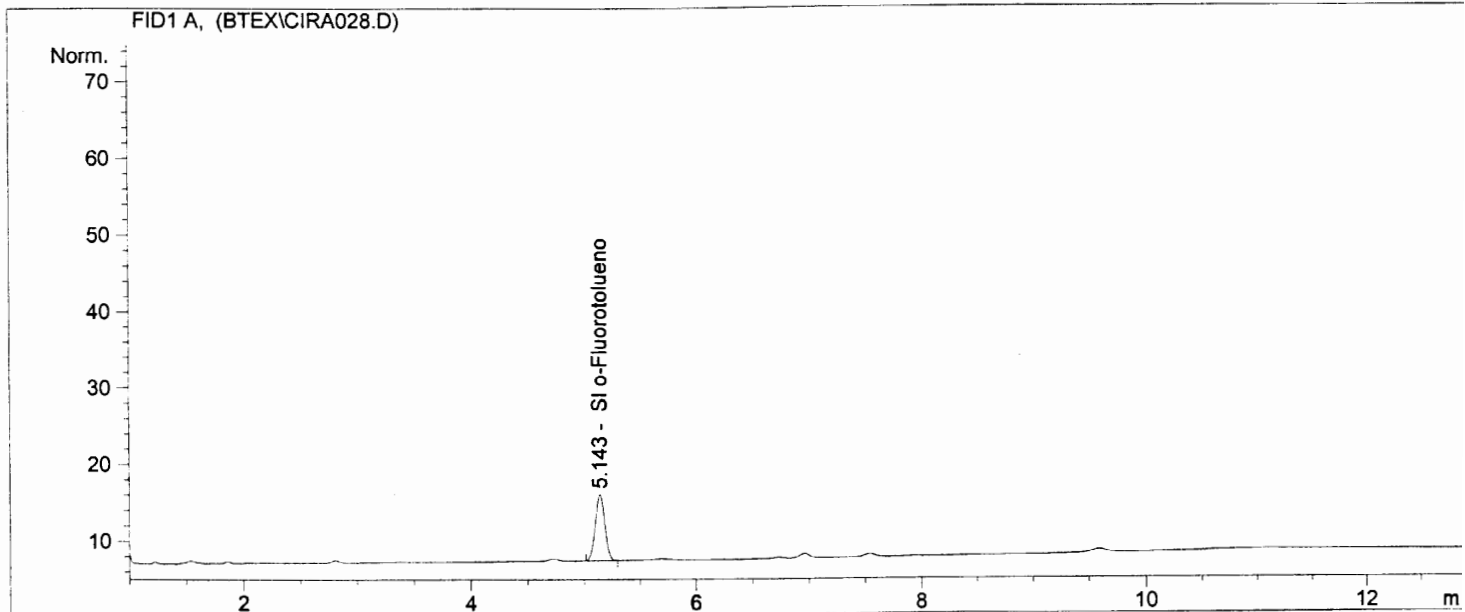
Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
```


2 ml de muestra PP2-M1 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno. Segunda entrega del 14/Nov/04

```
=====
Injection Date   : 13/12/2004 12:14:51 p.m.      Seq. Line :   29
Sample Name     : PP2-M1 2a                     Location  : Vial 1
Acq. Operator   : Yader Hernández                Inj       :    1
                                                Inj Volume: Manually

Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method          : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



```
=====
                        Internal Standard Report
=====
```

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]
-----|-----|-----
1      1.50000 SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.805		-	-	-		Benceno
4.727		-	-	-		Tolueno
5.143	BB +I	50.58137	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.726		-	-	-		Etil benceno
6.955		-	-	-		m-Xileno
7.536		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

```
=====
Injection Date   : 13/12/2004 12:14:51 p.m.      Seq. Line :   29
Sample Name      : PP2-M1 2a                     Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández                Inj       :    1
                                                    Inj Volume: Manually
Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

2 Warnings or Errors :

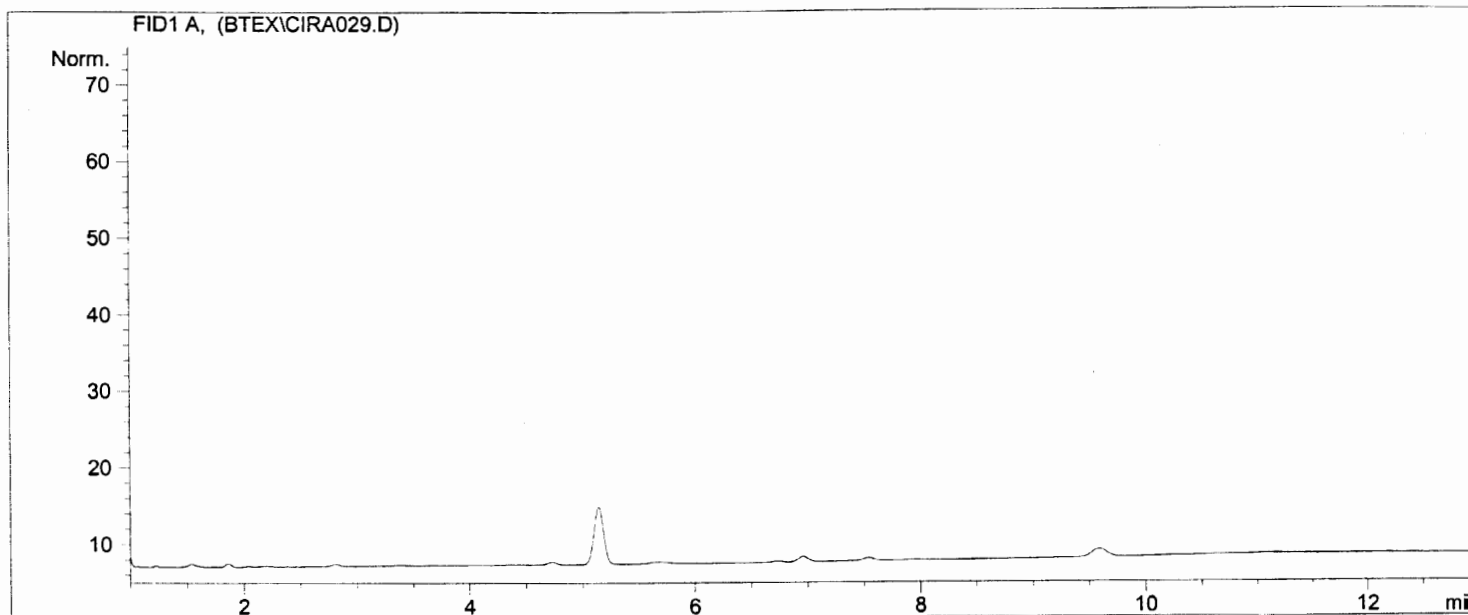
Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
```

2 ml de muestra PP2-M2 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno. Segunda entrega del 14/Nov/04

```
=====
Injection Date   : 13/12/2004 12:33:34 p.m.      Seq. Line :   30
Sample Name      : PP2-M2 2a                     Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



```
=====
Internal Standard Report
=====
```

```
Sorted By           : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier          : 1.0000
Dilution            : 1.0000
Sample Amount       : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount   Name
# [µg/L]
-----|-----|-----
1      1.50000    SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.807	-	-	-	-	-	Benceno
4.730	-	-	-	-	-	Tolueno
5.146	-	-	-	-	-	SI o-Fluorotolueno
6.730	-	-	-	-	-	Etil benceno
6.960	-	-	-	-	-	m-Xileno
7.541	-	-	-	-	-	p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

```
=====
Injection Date   : 13/12/2004 12:33:34 p.m.      Seq. Line :   30
Sample Name      : PP2-M2 2a                     Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Yader Hernández                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Sequence File    : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method           : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Time reference compound(s) not found

```
=====
                          Area Percent Report
=====
```

```
Sorted By           :      Signal
Calib. Data Modified :      06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier          :      1.0000
Dilution            :      1.0000
Sample Amount       :      2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
```

Signal 1: FID1 A,

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %	Name
1	2.807		0.0000	0.00000	0.00000	Benceno
2	4.730		0.0000	0.00000	0.00000	Tolueno
3	5.146	+I	0.0000	0.00000	0.00000	SI o-Fluorotolueno
4	6.730		0.0000	0.00000	0.00000	Etil benceno
5	6.960		0.0000	0.00000	0.00000	m-Xileno
6	7.541		0.0000	0.00000	0.00000	p-Xileno

Totals : 0.00000

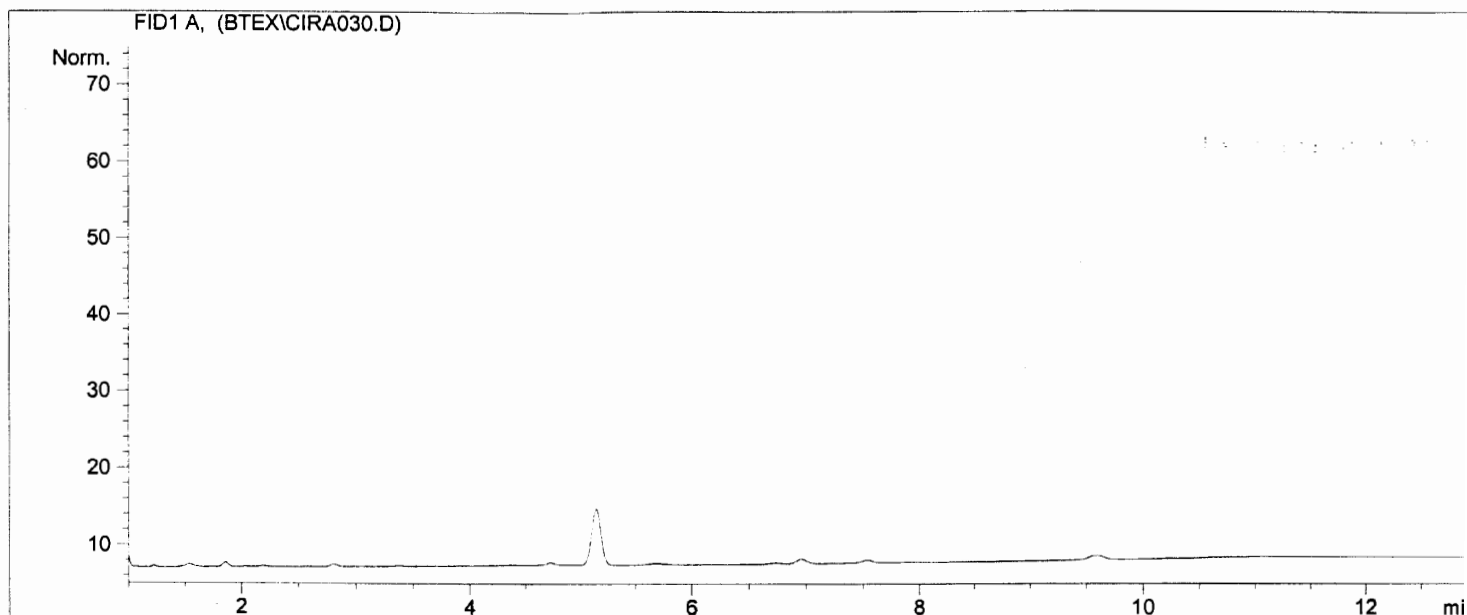
Results obtained with enhanced integrator!
2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Time reference compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
=====
```

2 ml de muestra PP2-M3 con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno. Segunda entrega del 14/Nov/04

=====
Injection Date : 13/12/2004 12:52:17 p.m. Seq. Line : 31
Sample Name : PP2-M3 2a Location : Vial 1
Acq. Operator : Yader Hernández Inj : 1
Inj Volume : Manually
Sequence File : C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S
Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Determinacion de sustancias volatiles
=====



=====
Internal Standard Report
=====

Sorted By : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier : 1.0000
Dilution : 1.0000
Sample Amount : 2.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
[µg/L]
-----|-----|-----
1 1.50000 SI o-Fluorotolueno

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.807	-	-	-	-	-	Benceno
4.730	-	-	-	-	-	Tolueno
5.146	-	-	-	-	-	SI o-Fluorotolueno
6.730	-	-	-	-	-	Etil benceno
6.960	-	-	-	-	-	m-Xileno
7.541	-	-	-	-	-	p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

=====

Injection Date	: 13/12/2004 12:52:17 p.m.	Seq. Line	: 31
Sample Name	: PP2-M3 2a	Location	: Vial 1
Acq. Operator	: Yader Hernández	Inj	: 1
		Inj Volume	: Manually
Sequence File	: C:\HPCHEM\1\SEQUENCE\2004\BTEX02.S		
Method	: C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M		
Last changed	: 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández		
Determinacion de sustancias volatiles			

=====

2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Time reference compound(s) not found

=====

Area Percent Report

=====

Sorted By	:	Signal
Calib. Data Modified	:	06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier	:	1.0000
Dilution	:	1.0000
Sample Amount	:	2.00000 [µg/L] (not used in calc.)

Signal 1: FID1 A,

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %	Name
1	2.807		0.0000	0.00000	0.00000	Benceno
2	4.730		0.0000	0.00000	0.00000	Tolueno
3	5.146	+I	0.0000	0.00000	0.00000	SI o-Fluorotolueno
4	6.730		0.0000	0.00000	0.00000	Etil benceno
5	6.960		0.0000	0.00000	0.00000	m-Xileno
6	7.541		0.0000	0.00000	0.00000	p-Xileno

Totals : 0.00000

Results obtained with enhanced integrator!

2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Time reference compound(s) not found

=====

*** End of Report ***

Managua, 14 de Abril del 2005

Lic. Maria Elena López Blanco.

Estimada Lic López:


Por este conducto le estoy haciendo entrega de los resultados de análisis de compuestos Volátiles (BTEX) en muestras de agua y suelo colectadas por usted y mi persona. Estas muestras las entregue personalmente en el laboratorio Nacional del Instituto de Medicina Legal al Lic Sergio Enrique Salazar.

Los resultados corresponden al muestreo realizado en pozo perforado en total 8 muestras, 7 muestras de suelo a diferentes profundidades y una muestra de agua, todas las muestras fueron colectadas por triplicado.

Debo hacer mención que estos datos son parte del estudio que usted esta realizando como parte de su tesis del programa de maestria CIRA/CARA.

Adjunto los cromatogramas por triplicado de cada una de las 8 muestras inyectadas, tabla de los resultados y hoja de programa de inyección.

Sin mas por el momento le saludo,


Armando López González

Cc: Dra. Katherine Vammen Subdirección Técnica
Dr. Jorge Pitty Aseguramiento y Control de la Calidad
Archivo.

Recibido
M. B.
14-04-05 2:35 pm

K. Vammen
Recibido
14-04-2005
2:35 pm

Tabla N° 1 RESULTADOS ANALITICOS DE BTEX EN MUESTRAS DE SUELO (mg/kg)

Nombre de la muestra	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	p-Xileno	m-Xileno
PP-M1(a)	< Id	0.00023	-	0.00044	0.00018
PP-M1(b)	< Id	0.00026	-	0.00047	0.00021
PP-M1(c)	< Id	0.00032	-	0.00049	0.00023
PP-M2(a)	< Id	0.00037	-	0.00051	0.00027
PP-M2(b)	< Id	0.00035	-	0.00051	0.00026
PP-M2(c)	< Id	0.00039	0.00046	0.00053	0.00030
PP-M3(a)	< Id	0.00039	-	0.00054	0.00030
PP-M3(b)	< Id	0.00036	-	0.00053	0.00029
PP-M3(c)	< Id	0.00043	-	0.00056	0.00032
PP-M4(a)	< Id	0.00049	0.00048	0.00057	0.00035
PP-M4(b)	< Id	0.00040	-	0.00056	0.00032
PP-M4(c)	< Id	0.00052	0.00048	0.00061	0.00038
PP-M5(a)	0.0000054	0.00071	0.00051	0.00069	0.00048
PP-M5(b)	0.0000079	0.00082	0.00052	0.00075	0.00056
PP-M5(c)	< Id	0.00060	0.00050	0.00066	0.00045
PP-M6(a)	< Id	0.00078	0.00053	0.00078	0.00057
PP-M6(b)	< Id	0.00061	0.00049	0.00065	0.00042
PP-M6(c)	< Id	0.00081	0.00054	0.00085	0.00066
PP-M7(a)	< Id	0.00065	0.00051	0.00068	0.00047
PP-M7(b)	< Id	0.00056	0.00047	0.00057	0.00035
PP-M7(c)	< Id	0.00059	0.00051	0.00070	0.00050

Tabla N° 2 RESULTADOS ANALITICOS DE BTEX EN MUESTRA DE AGUA SUBTERRANEA EN (µg.L⁻¹)

Nombre de la muestra	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	p-Xileno	m-Xileno
PP-M8(a)	-	0.21	-	-	0.18
PP-M8(b)	-	0.19	-	-	0.16
PP-M8(c)	-	0.21	-	0.43	0.18

Clave:

< Id: Este Valor esta por debajo del Limite de Detección del Método

Line	Location	Sample Information
====	=====	=====
20	Vial 20	1.0047 g ml de suelo PM-M7(b) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno como SI
21	Vial 21	1.0037 g ml de suelo PM-M7(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno como SI
22	Vial 22	2 ml de agua PM-M8(a) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno.
23	Vial 23	2 ml de agua PM-M8(b) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno.
24	Vial 24	2 ml de agua PM-M8(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno.
25	Vial 5	Usando el metodo descaso

Method and Injection Info Part:

Line	Location	SampleName	Method	Inj	SampleType	InjVolume	DataFile
====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
1	Vial 1	PM-M1(a)	VOLATIL2	1	Sample		cira001
2	Vial 2	PM-M1(b)	VOLATIL2	1	Sample		Cira002
3	Vial 3	PM-M1(c)	VOLATIL2	1	Sample		Cira003
4	Vial 4	PM-M2(a)	VOLATIL2	1	Sample		cira004
5	Vial 5	PM-M2(b)	VOLATIL2	1	Sample		cira005
6	Vial 6	PM-M2(c)	VOLATIL2	1	Sample		cira006
7	Vial 7	PM-M3(a)	VOLATIL2	1	Sample		cira007
8	Vial 8	PM-M3(b)	VOLATIL2	1	Sample		cira008
9	Vial 9	PM-M3(c)	VOLATIL2	1	Sample		cira009
10	Vial 10	PM-M4(a)	VOLATIL2	1	Sample		cira010
11	Vial 11	PM-M4(b)	VOLATIL2	1	Sample		cira011
12	Vial 12	PM-M4(c)	VOLATIL2	1	Sample		cira012
13	Vial 13	PM-M5(a)	VOLATIL2	1	Sample		cira013
14	Vial 14	PM-M5(b)	VOLATIL2	1	Sample		cira014
15	Vial 15	PM-M5(c)	VOLATIL2	1	Sample		cira015
16	Vial 16	PM-M6(a)	VOLATIL2	1	Sample		cira016
17	Vial 17	PM-M6(b)	VOLATIL2	1	Sample		cira017
18	Vial 18	PM-M6(c)	VOLATIL2	1	Sample		cira018
19	Vial 19	PM-M7(a)	VOLATIL2	1	Sample		cira019
20	Vial 20	PM-M7(b)	VOLATIL2	1	Sample		Cira020
21	Vial 21	PM-M7(c)	VOLATIL2	1	Sample		Cira021
22	Vial 22	PM-M8(a)	VOLATIL2	1	Sample		cira022
23	Vial 23	PM-M8(b)	VOLATIL2	1	Sample		cira023
24	Vial 24	PM-M8(c)	VOLATIL2	1	Sample		cira024
25	Vial 5	Aire	DESCANSO	1	Sample		des01

Calibration Part:

Line	Location	SampleName	Method	CalLev	Update	RF	Update	RT	Interval
====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====

Sequence Table (Back Injector):

No entries - empty table!

Sequence Table (Front Injector):

Sample Information Part:

Line	Location	Sample Information
1	Vial 1	1.0028 g ml de suelo PM-M1(a) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno como SI
2	Vial 2	1.0027 g ml de suelo PM-M1(b) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno como SI
3	Vial 3	1.0030 g ml de suelo PM-M1(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno como SI
4	Vial 4	1.0060 g ml de suelo PM-M2(a) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno como SI
5	Vial 5	1.0062 g ml de suelo PM-M2(b) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno como SI
6	Vial 6	1.0063 g ml de suelo PM-M2(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno como SI
7	Vial 7	1.0059 g ml de suelo PM-M3(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno como SI
8	Vial 8	1.0042 g ml de suelo PM-M3(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno como SI
9	Vial 9	1.0051 g ml de suelo PM-M3(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno como SI
10	Vial 10	1.0070 g ml de suelo PM-M4(a) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno como SI
11	Vial 11	1.0073 g ml de suelo PM-M4(b) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno como SI
12	Vial 12	1.0144 g ml de suelo PM-M4(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno como SI
13	Vial 13	1.0144 g ml de suelo PM-M5(a) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno como SI
14	Vial 14	1.0146 g ml de suelo PM-M5(b) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno como SI
15	Vial 15	1.0143 g ml de suelo PM-M5(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno como SI
16	Vial 16	1.0003 g ml de suelo PM-M6(a) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno como SI
17	Vial 17	1.0006 g ml de suelo PM-M6(b) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno como SI
18	Vial 18	1.0006 g ml de suelo PM-M6(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno como SI
19	Vial 19	1.0048 g ml de suelo PM-M7(a) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno como SI

1.0028 g ml de suelo PM-M1(a) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L

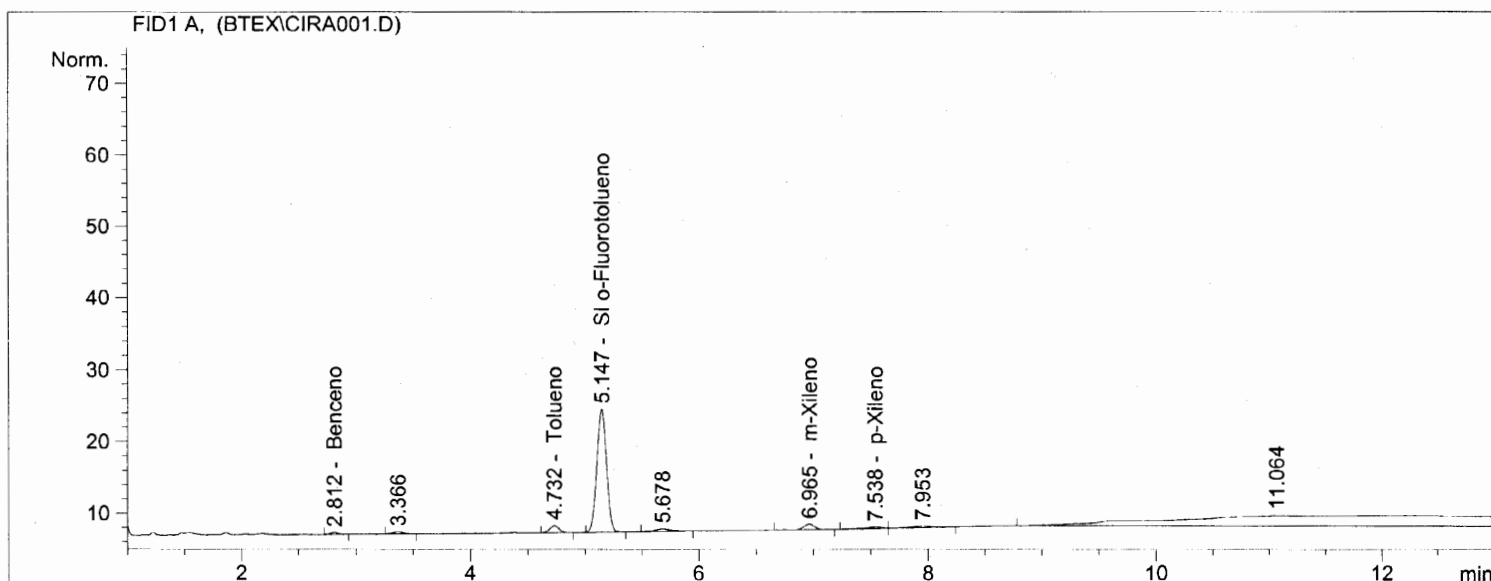
o-Fluorotolueno como SI

```

=====
Injection Date   : 08/04/2005 09:00:46 a.m.      Seq. Line :    1
Sample Name     : PM-M1(a)                      Location  : Vial 1
Acq. Operator   : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determination de sustancias volatiles
=====

```



```

=====
Internal Standard Report
=====

```

```

Sorted By           : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier          : 1.0000
Dilution            : 1.0000
Sample Amount       : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)

```

Sample ISTD Information:

```

ISTD ISTD Amount  Name
#      [µg/L]

```

```

-----|-----|-----
1      1.50000  SI o-Fluorotolueno

```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.812	BP	1.07418	0.00000	0.00000		Benceno
4.732	BP	5.57995	2.88598	2.38757e-1		Tolueno
5.147	BB +I	101.17154	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.731		-	-	-		Etil benceno
6.965	BP	5.08769	2.45323	1.85051e-1		m-Xileno
7.538	PV	2.05478	14.50857	4.42000e-1		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 8.65808e-1

1.0028 g ml de suelo PM-M1(a) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 09:00:46 a.m.      Seq. Line :    1
Sample Name      : PM-M1(a)                      Location  : Vial 1
Acq. Operator    : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume : Manually
Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

Results obtained with enhanced integrator!
3 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found
Warning : Negative results set to zero (cal. curve intercept), (Benceno)

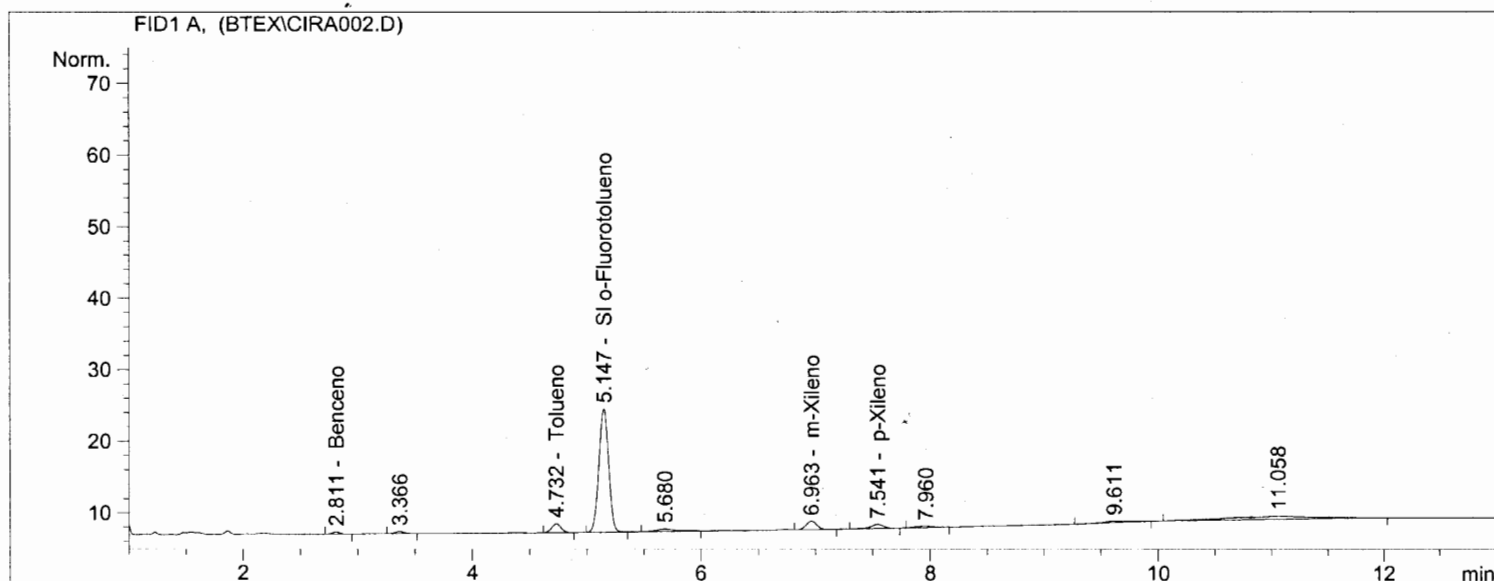
```
=====
*** End of Report ***
```

1.0027 g ml de suelo PM-M1(b) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 09:19:29 a.m.      Seq. Line :    2
Sample Name      : PM-M1(b)                      Location  : Vial 2
Acq. Operator    : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                              Inj Volume: Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)

Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



```
=====
Internal Standard Report
=====
```

```
Sorted By          : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier         : 1.0000
Dilution           : 1.0000
Sample Amount      : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount   Name
# [µg/L]
```

```
-----
1      1.50000  SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.811	PB	1.33822	0.00000	0.00000		Benceno
4.732	BP	7.07569	2.52742	2.63006e-1		Tolueno
5.147	BB +I	101.99339	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.732		-	-	-		Etil benceno
6.963	VP	7.68822	1.87804	2.12348e-1		m-Xileno
7.541	BB	4.31463	7.42039	4.70857e-1		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 9.46211e-1

1.0027 g ml de suelo PM-M1(b) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 09:19:29 a.m.      Seq. Line :    2
Sample Name      : PM-M1(b)                      Location  : Vial 2
Acq. Operator    : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

Results obtained with enhanced integrator!
3 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found
Warning : Negative results set to zero (cal. curve intercept), (Benceno)

```
=====
*** End of Report ***
```

1.0030 g ml de suelo PM-M1(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L

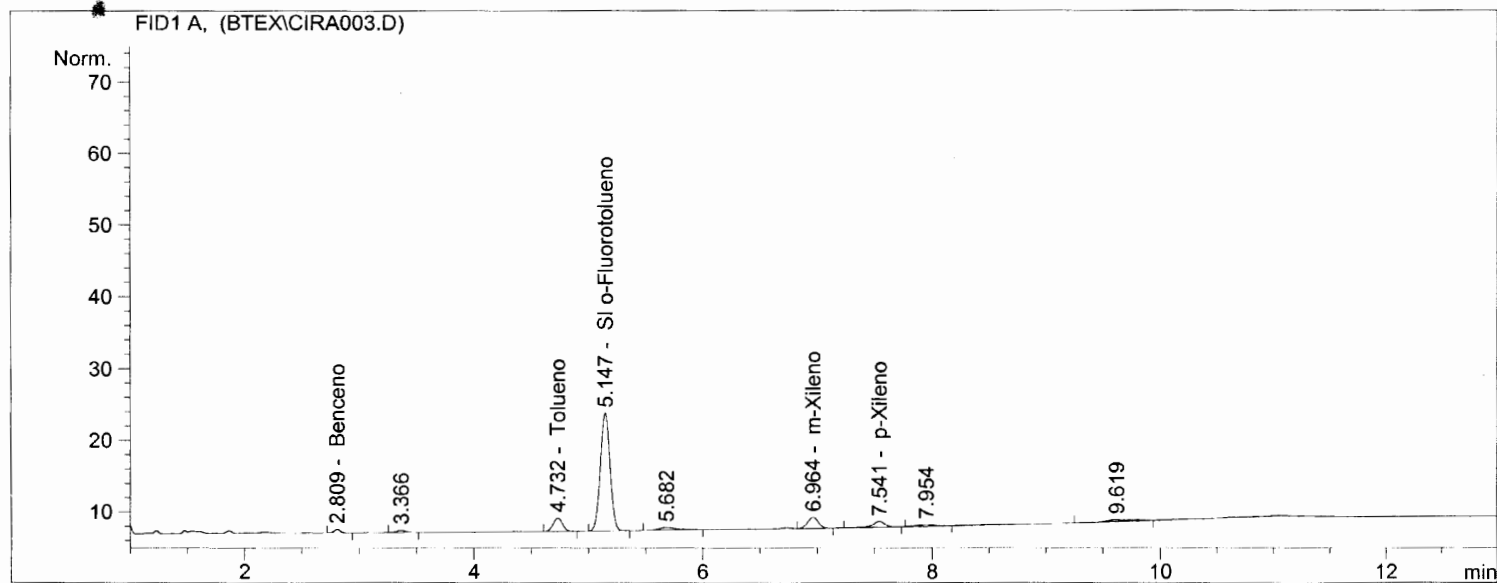
o-Fluorotolueno como SI

```

=====
Injection Date   : 08/04/2005 09:38:12 a.m.      Seq. Line :    3
Sample Name     : PM-M1(c)                      Location  : Vial 3
Acq. Operator   : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====

```



Internal Standard Report

```

Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD  ISTD Amount  Name
#      [µg/L]
-----|-----|-----
1      1.50000    SI o-Fluorotolueno

```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.809	BB	1.94209	0.00000	0.00000		Benceno
4.732	BP	10.56566	2.02796	3.29305e-1		Tolueno
5.147	BB +I	97.59979	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.731		-	-	-		Etil benceno
6.964	VP	9.70430	1.59920	2.38512e-1		m-Xileno
7.541	BB	5.72011	5.59938	4.92251e-1		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 1.06007

1.0030 g ml de suelo PM-M1(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 09:38:12 a.m.      Seq. Line :    3
Sample Name      : PM-M1(c)                      Location  : Vial 3
Acq. Operator    : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume : Manually
Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

Results obtained with enhanced integrator!
3 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found
Warning : Negative results set to zero (cal. curve intercept), (Benceno)

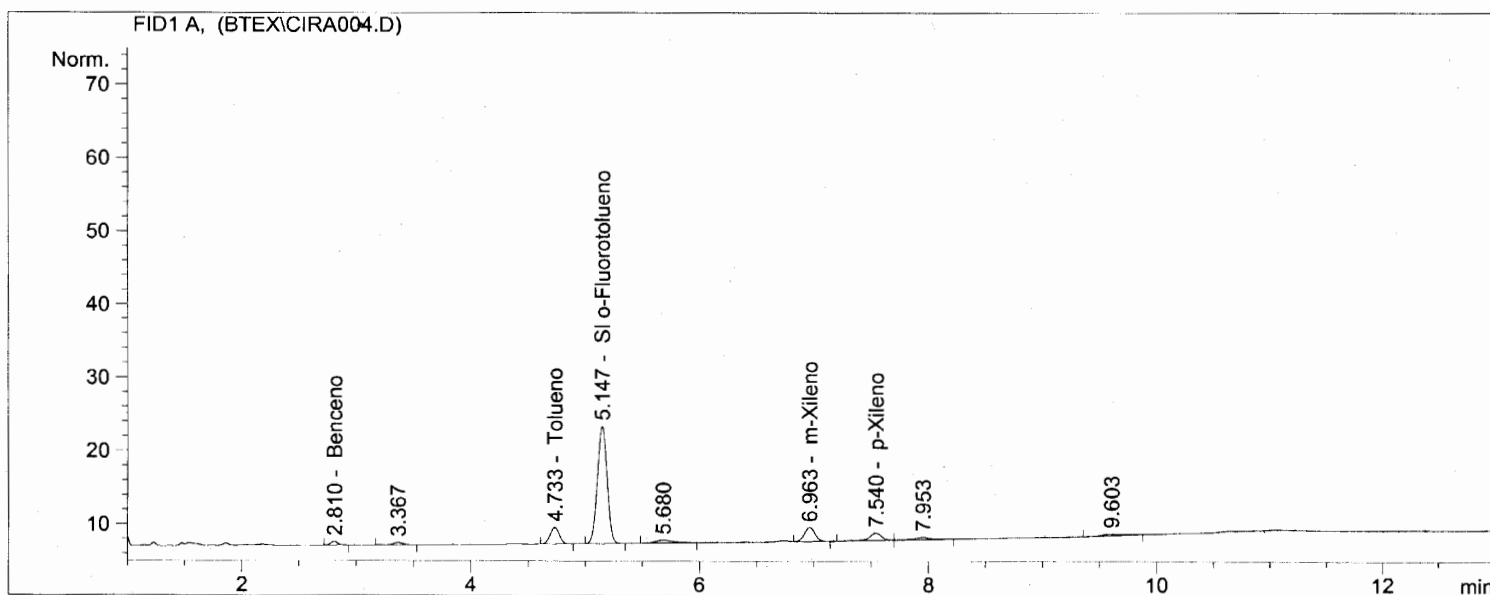
```
=====
*** End of Report ***
```


1.0060 g de suelo PM-M2(a) con 1.5 ml de SI de O-fluorotolueno de 2.0 µg/L

```

=====
Injection Date   : 08/04/2005 09:57:00 a.m.
Sample Name     : aire
Acq. Operator   : Sergio Salazaar
Location        :
Inj             : 1
Inj Volume      : Manually
Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determination de sustancias volatiles
=====

```



Internal Standard Report

```

=====
Sorted By           : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier          : 1.0000
Dilution            : 1.0000
Sample Amount       : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]

```

1 1.50000 SI o-Fluorotolueno

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.810	BP	2.21399	0.00000	0.00000		Benceno
4.733	BB	12.88453	1.84840	3.75883e-1		Tolueno
5.147	BB +I	95.03925	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.732		-	-	-		Etil benceno
6.963	VP	12.26875	1.39839	2.70781e-1		m-Xileno
7.540	BV	7.34169	4.45926	5.16710e-1		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 1.16337

1.0060 g de suelo PM-M2(a) con 1.5 ml de SI de O-fluorotolueno de 2.0 µg/L

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 09:57:00 a.m.
Sample Name      : aire                      Location :   -
Acq. Operator    : Sergio Salazaar           Inj       :   1
                                           Inj Volume : Manually
Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

Results obtained with enhanced integrator!

3 Warnings or Errors :

```
Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found
Warning : Negative results set to zero (cal. curve intercept), (Benceno)
```

```
=====
*** End of Report ***
```

.0062 g de suelo PM-M2(b) con 1.5 ml de SI de O-fluorotolueno de 2.0 µg/L

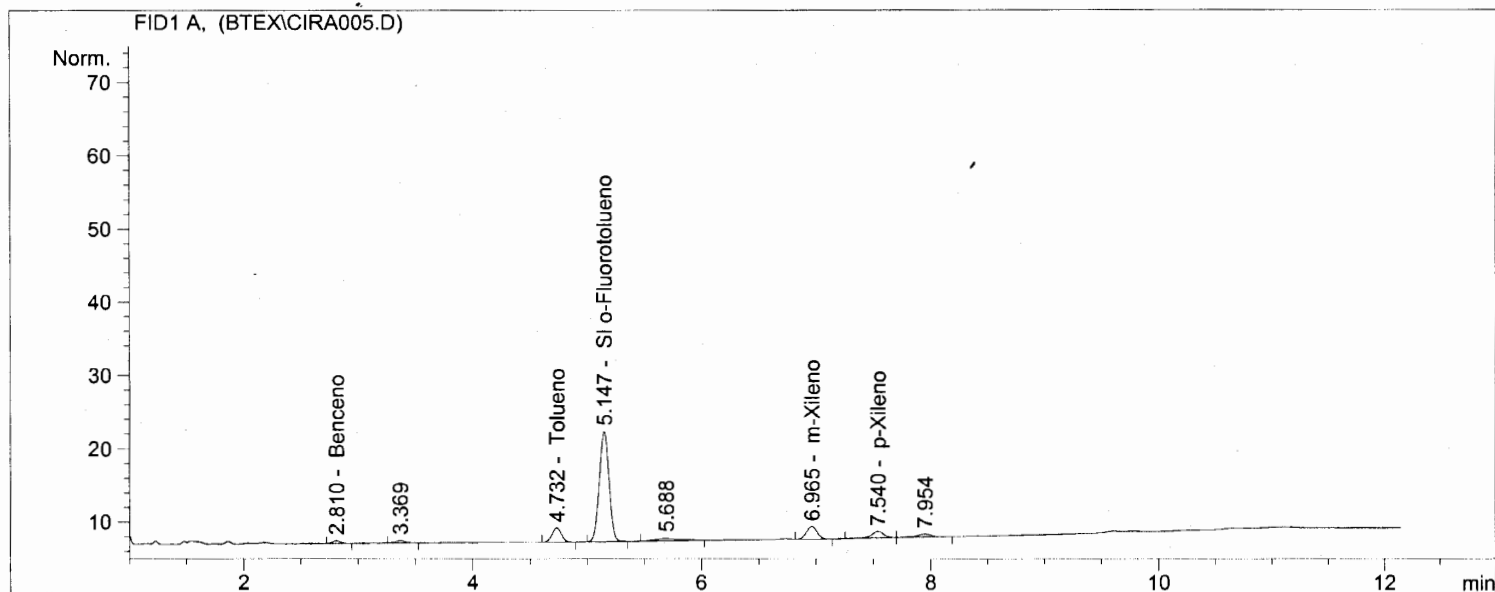
```

=====
Injection Date   : 08/04/2005 10:15:43 a.m.
Sample Name     : aire
Acq. Operator   : Sergio Salazaar
Location        : -
Inj             : 1
Inj Volume      : Manually

Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)

Determinacion de sustancias volatiles
=====

```



Internal Standard Report

```

Sorted By           : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier          : 1.0000
Dilution            : 1.0000
Sample Amount       : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)

```

Sample ISTD Information:

ISTD #	ISTD Amount [µg/L]	Name
--------	--------------------	------

1	1.50000	SI o-Fluorotolueno
---	---------	--------------------

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.810	BB	1.76389	0.00000	0.00000		Benceno
4.732	BP	10.97370	1.91873	3.55091e-1		Tolueno
5.147	BB +I	88.94455	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.732		-	-	-		Etil benceno
6.965	VB	11.08797	1.42231	2.65961e-1		m-Xileno
7.540	BV	6.75495	4.52078	5.15000e-1		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 1.13605

1.0062 g de suelo PM-M2(b) con 1.5 ml de SI de O-fluorotolueno de 2.0 µg/L

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 10:15:43 a.m.
Sample Name      : aire                      Location :   -
Acq. Operator    : Sergio Salazaar           Inj       :   1
                                           Inj Volume : Manually
Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

Results obtained with enhanced integrator!
3 Warnings or Errors :

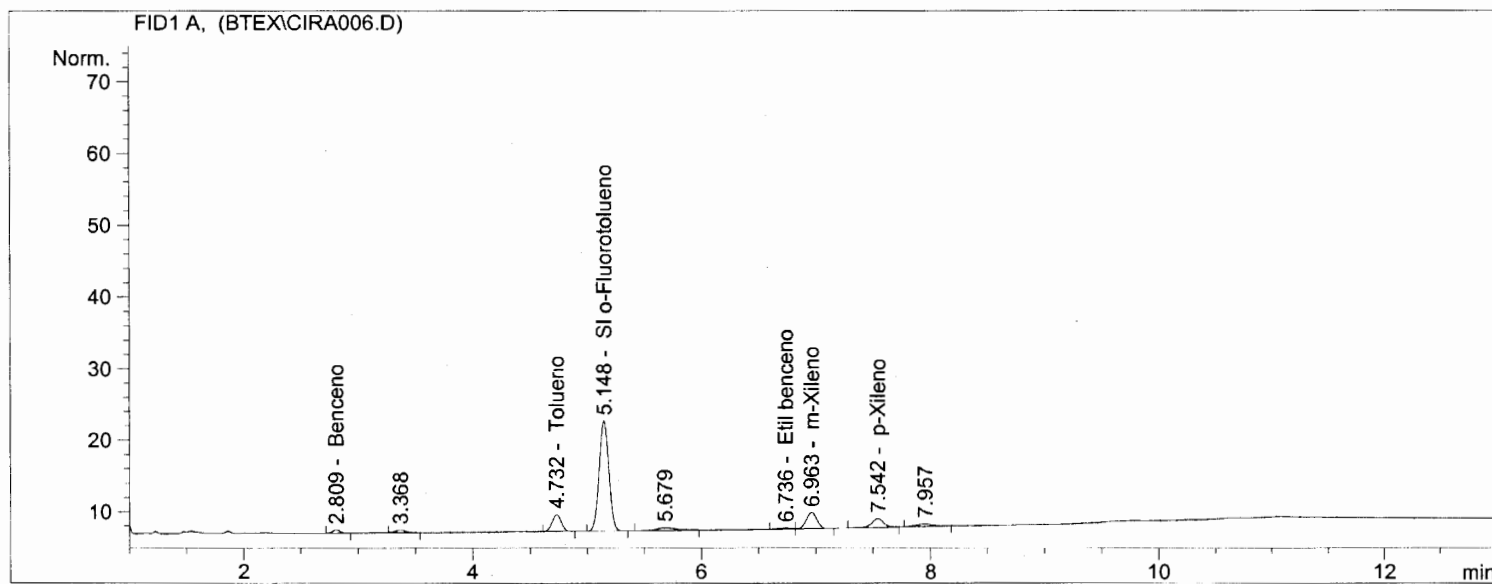
Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found
Warning : Negative results set to zero (cal. curve intercept), (Benceno)

```
=====
*** End of Report ***
=====
```

1.0063 g ml de suelo PM-M2(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 10:36:39 a.m.      Seq. Line :    6
Sample Name      : PM-M2(c)                      Location  : Vial 6
Acq. Operator    : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



Internal Standard Report

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)
```

Sample ISTD Information:

ISTD ISTD Amount Name
[µg/L]

```
-----|-----|-----
1      1.50000  SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.809	BP	1.80800	0.00000	0.00000		Benceno
4.732	BB	13.12817	1.80338	3.91498e-1		Tolueno
5.148	BB +I	90.70935	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.736	PV	1.14098	24.80604	4.68030e-1		Etil benceno
6.963	VP	14.31334	1.27595	3.02005e-1		m-Xileno
7.542	BB	8.48192	3.83604	5.38042e-1		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 1.69958

1.0063 g ml de suelo PM-M2(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 10:36:39 a.m.      Seq. Line :    6
Sample Name      : PM-M2(c)                      Location  : Vial 6
Acq. Operator    : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

Results obtained with enhanced integrator!
2 Warnings or Errors :

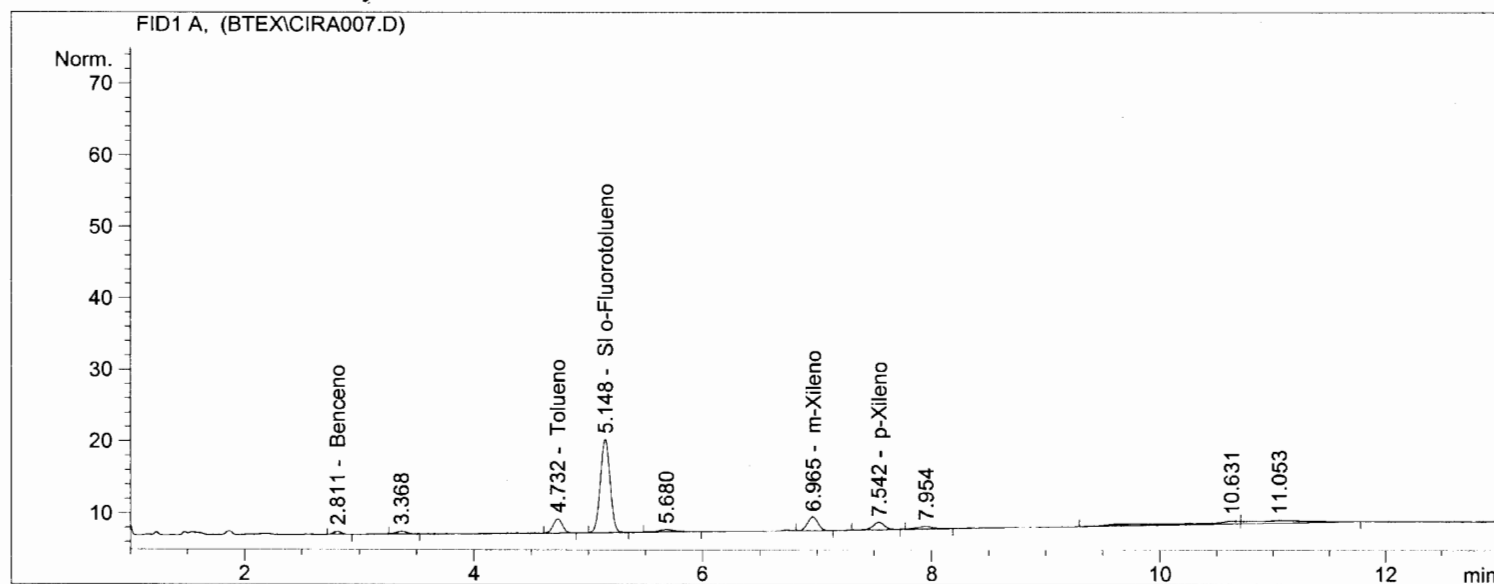
Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Negative results set to zero (cal. curve intercept), (Benceno)

```
=====
*** End of Report ***
=====
```

1.0059 g ml de suelo PM-M3(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 10:55:22 a.m.      Seq. Line :    7
Sample Name      : PM-M3(a)                      Location  : Vial 7
Acq. Operator    : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



Internal Standard Report

```
=====
Sorted By           : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier          : 1.0000
Dilution            : 1.0000
Sample Amount       : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount   Name
# [µg/L]
-----|-----|-----
1      1.50000    SI o-Fluorotolueno
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.811	BP	1.71732	0.00000	0.00000		Benceno
4.732	BP	11.16648	1.80029	3.92645e-1		Tolueno
5.148	BB +I	76.79805	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.732		-	-	-		Etil benceno
6.965	VB	12.13939	1.27499	3.02305e-1		m-Xileno
7.542	BB	7.47587	3.71929	5.43078e-1		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 1.23803

1.0059 g ml de suelo PM-M3(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 10:55:22 a.m.      Seq. Line :    7
Sample Name      : PM-M3(a)                      Location  : Vial 7
Acq. Operator    : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

Results obtained with enhanced integrator!

3 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found
Warning : Negative results set to zero (cal. curve intercept), (Benceno)

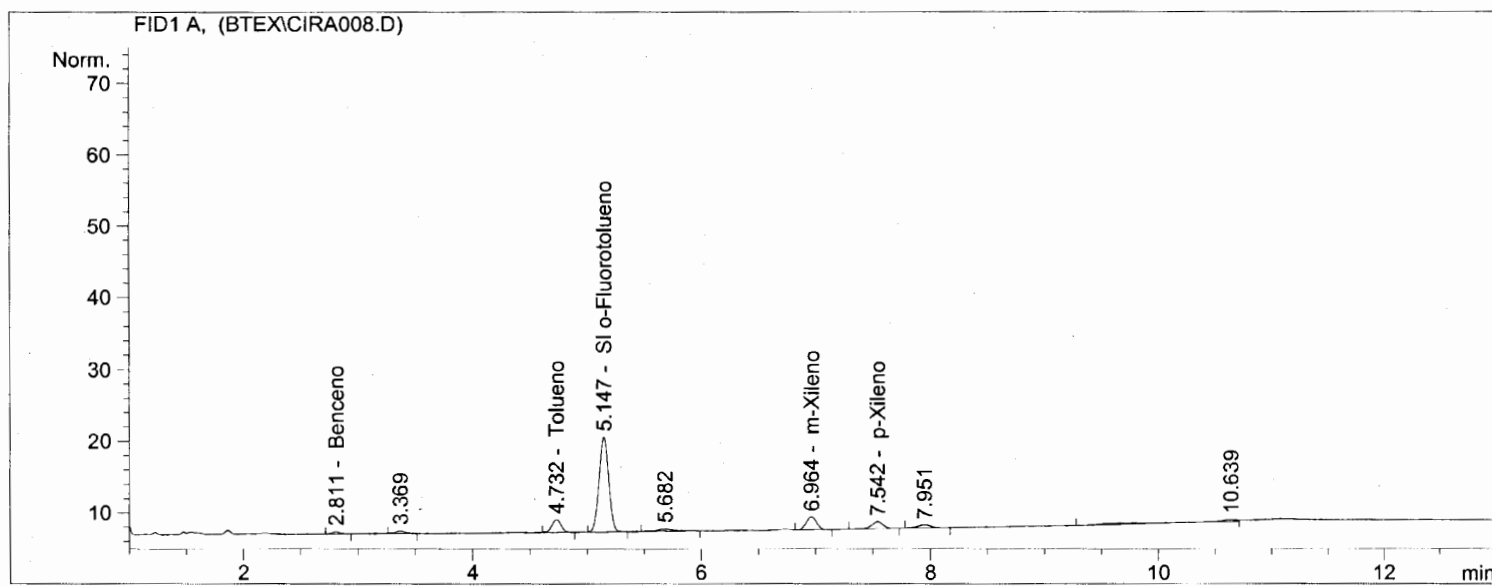
```
=====
*** End of Report ***
```


=====

Injection Date	: 08/04/2005 11:14:05 a.m.	Seq. Line	: 8
Sample Name	: PM-M3(b)	Location	: Vial 8
Acq. Operator	: Sergio Salazaar	Inj	: 1
		Inj Volume	: Manually

Acq. Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
 Last changed : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
 Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
 Last changed : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
 (modified after loading)
 Determinacion de sustancias volatiles

=====



Internal Standard Report

Sorted By : Signal
 Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
 Multiplier : 1.0000
 Dilution : 1.0000
 Sample Amount : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)
 Sample ISTD Information:
 ISTD ISTD Amount Name
 # [µg/L]

#	ISTD Amount	Name
1	1.50000	SI o-Fluorotolueno

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.811	PB	1.43815	0.00000	0.00000		Benceno
4.732	BB	10.24185	1.87706	3.66932e-1		Tolueno
5.147	BB +I	78.58925	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.731		-	-	-		Etil benceno
6.964	VP	11.62680	1.31261	2.91290e-1		m-Xileno
7.542	BB	7.15392	3.91663	5.34792e-1		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 1.19301

1.0042 g ml de suelo PM-M3(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 11:14:05 a.m.      Seq. Line :    8
Sample Name      : PM-M3(b)                      Location  : Vial 8
Acq. Operator    : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

Results obtained with enhanced integrator!
3 Warnings or Errors :

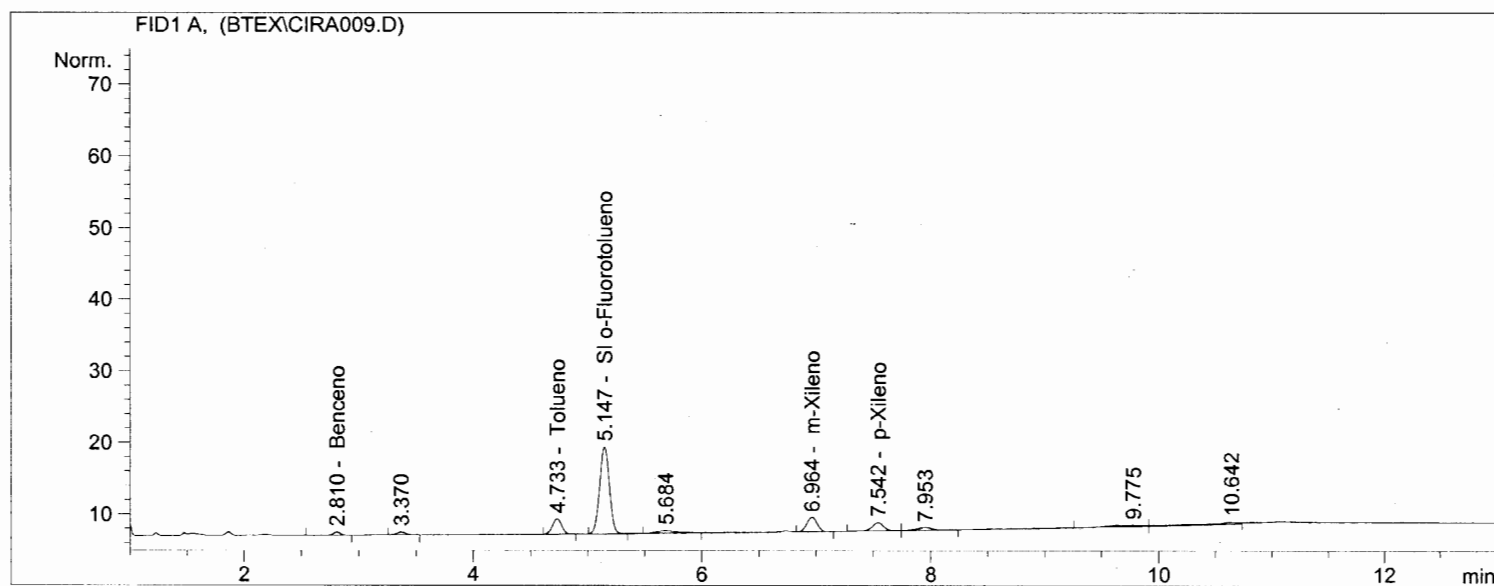
Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found
Warning : Negative results set to zero (cal. curve intercept), (Benceno)

```
=====
*** End of Report ***
```

1.0051 g ml de suelo PM-M3(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 11:32:48 a.m.      Seq. Line :    9
Sample Name     : PM-M3(c)                      Location  : Vial 9
Acq. Operator   : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



Internal Standard Report

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)
```

Sample ISTD Information:

ISTD #	ISTD Amount [µg/L]	Name
1	1.50000	SI o-Fluorotolueno

1 1.50000 SI o-Fluorotolueno

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.810	BB	1.90009	0.00000	0.00000		Benceno
4.733	BB	12.07673	1.71169	4.30858e-1		Tolueno
5.147	BB +I	71.96648	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.731		-	-	-		Etil benceno
6.964	VP	12.94893	1.20820	3.26087e-1		m-Xileno
7.542	BB	8.18522	3.30932	5.64586e-1		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 1.32153

1.0051 g ml de suelo PM-M3(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 11:32:48 a.m.      Seq. Line :    9
Sample Name      : PM-M3(c)                      Location  : Vial 9
Acq. Operator    : Sergio Salazaar               Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

Results obtained with enhanced integrator!
3 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found
Warning : Negative results set to zero (cal. curve intercept), (Benceno)

```
=====
*** End of Report ***
```

1.0070 g ml de suelo PM-M4(a) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L

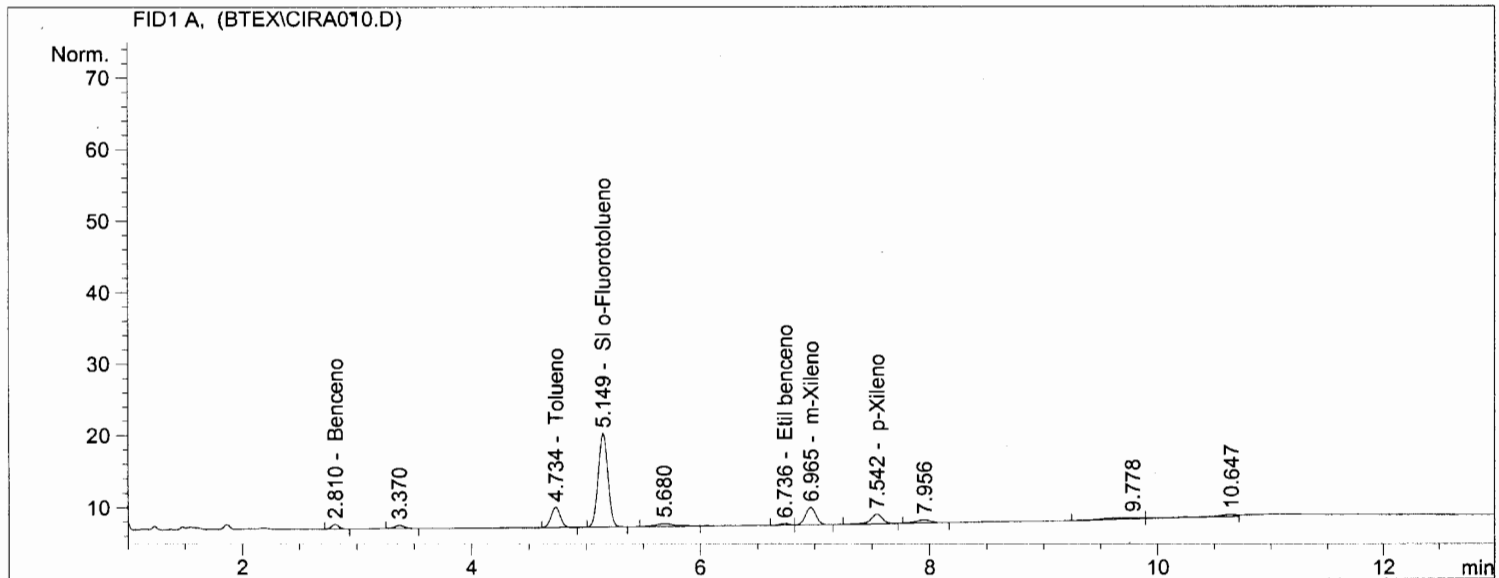
o-Fluorotolueno como SI

```

=====
Injection Date   : 08/04/2005 11:51:31 a.m.      Seq. Line :   10
Sample Name     : PM-M4(a)                      Location  : Vial 10
Acq. Operator   : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====

```



```

=====
Internal Standard Report
=====

```

```

Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]
-----
1 1.50000 SI o-Fluorotolueno

```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.810	BP	2.76646	0.00000	0.00000		Benceno
4.734	BP	15.81817	1.60569	4.95540e-1		Tolueno
5.149	BB +I	76.88313	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.736	BV	1.35111	18.32410	4.83030e-1		Etil benceno
6.965	VP	15.54094	1.15514	3.50246e-1		m-Xileno
7.542	BB	9.45351	3.12671	5.76688e-1		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 1.90550

1.0070 g ml de suelo PM-M4(a) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 11:51:31 a.m.      Seq. Line :   10
Sample Name      : PM-M4(a)                      Location  : Vial 10
Acq. Operator    : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

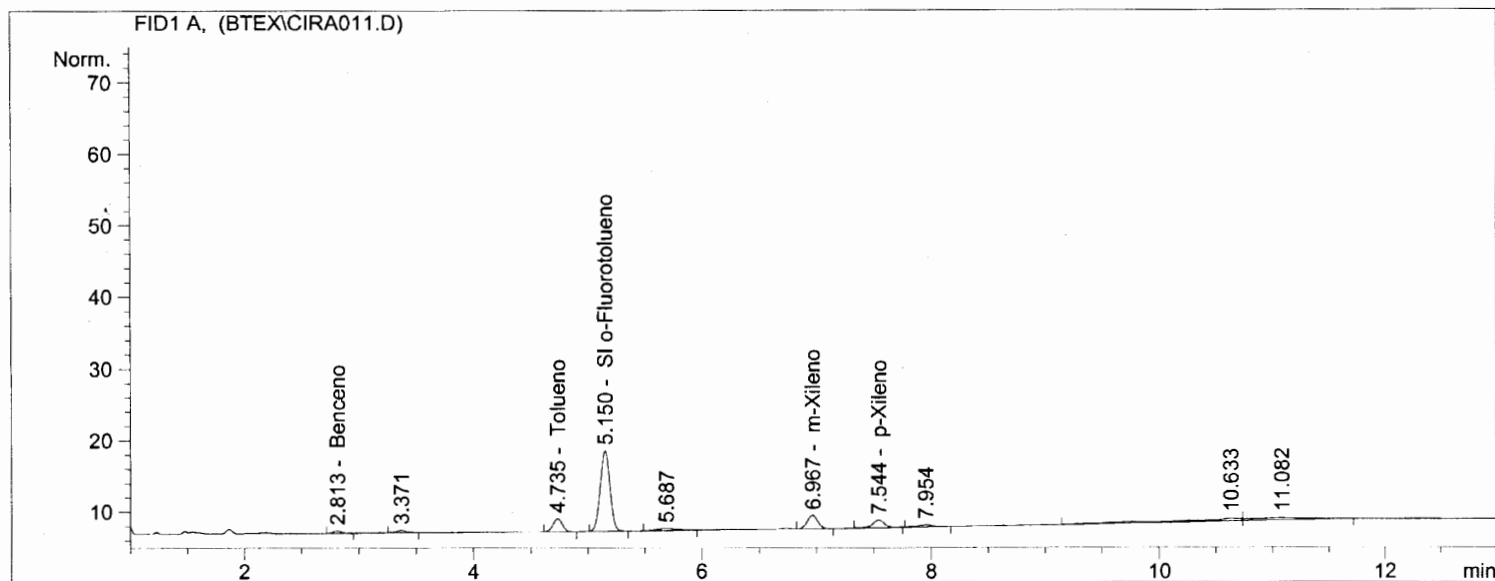
Results obtained with enhanced integrator!
2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Negative results set to zero (cal. curve intercept), (Benceno)

```
=====
*** End of Report ***
=====
```

1.0073 g ml de suelo PM-M4(b) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 12:10:15 p.m.      Seq. Line :   11
Sample Name     : PM-M4(b)                      Location  : Vial 11
Acq. Operator   : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



```
=====
Internal Standard Report
=====
```

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]
```

```
-----|-----|-----
1      1.50000  SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.813	PB	1.43280	0.00000	0.00000		Benceno
4.735	BP	10.25924	1.76413	4.06939e-1		Tolueno
5.150	BB +I	66.71243	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.735		-	-	-		Etil benceno
6.967	VP	11.92638	1.21133	3.24828e-1		m-Xileno
7.544	BB	7.48549	3.34255	5.62577e-1		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 1.29434

1.0073 g ml de suelo PM-M4(b) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 12:10:15 p.m.      Seq. Line :   11
Sample Name      : PM-M4(b)                      Location  : Vial 11
Acq. Operator    : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume : Manually
Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

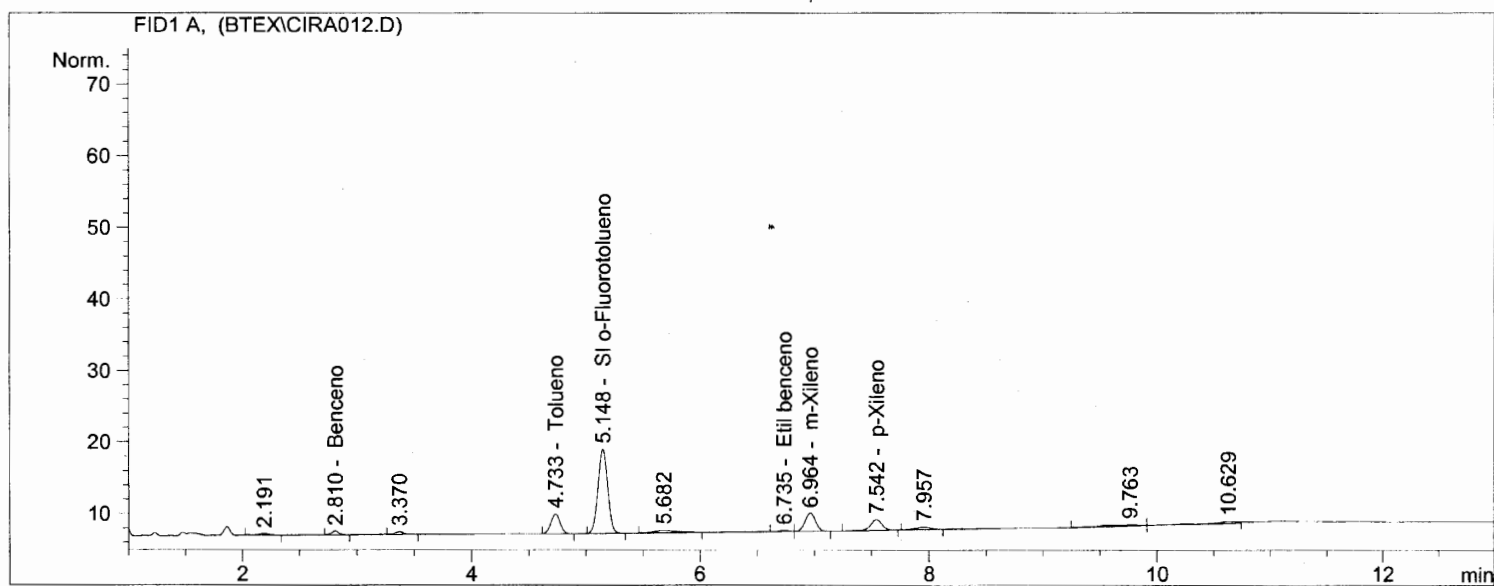
Results obtained with enhanced integrator!
3 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found
Warning : Negative results set to zero (cal. curve intercept), (Benceno)

```
=====
*** End of Report ***
=====
```


1.0144 g ml de suelo PM-M4(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 12:28:59 p.m.      Seq. Line :   12
Sample Name     : PM-M4(c)                      Location  : Vial 12
Acq. Operator   : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



Internal Standard Report

```
=====
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]
-----|-----|-----
1 1.50000 SI o-Fluorotolueno
=====
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.810	BB	2.40942	0.00000	0.00000		Benceno
4.733	BP	15.38215	1.57168	5.22975e-1		Tolueno
5.148	BB +I	69.34149	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.735	BV	1.28374	17.49563	4.85852e-1		Etil benceno
6.964	VB	16.21721	1.09681	3.84772e-1		m-Xileno
7.542	BB	10.50166	2.70309	6.14068e-1		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 2.00767

1.0144 g ml de suelo PM-M4(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 12:28:59 p.m.      Seq. Line :   12
Sample Name      : PM-M4(c)                      Location  : Vial 12
Acq. Operator    : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

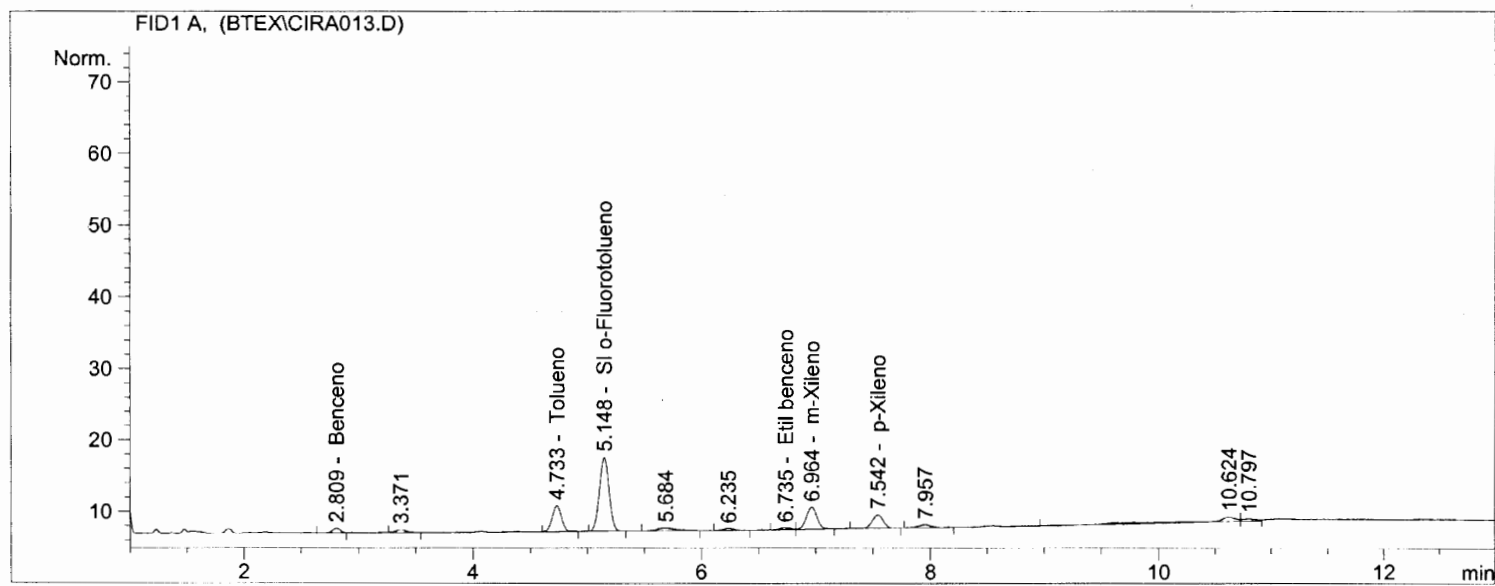
Results obtained with enhanced integrator!
2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Negative results set to zero (cal. curve intercept), (Benceno)

```
=====
*** End of Report ***
```

1.0144 g ml de suelo PM-M5(a) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 12:47:40 p.m.      Seq. Line :   13
Sample Name     : PM-M5(a)                      Location  : Vial 13
Acq. Operator   : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



Internal Standard Report

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)
```

Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
[µg/L]

```
-----|-----|-----
1      1.50000 SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.809	VV	3.07833	7.13749e-2	5.40632e-3		Benceno
4.733	BP	20.43363	1.42460	7.16276e-1		Tolueno
5.148	BB +I	60.96075	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.735	PV	1.61982	12.79689	5.10050e-1		Etil benceno
6.964	VP	19.94810	9.90808e-1	4.86331e-1		m-Xileno
7.542	BB	12.84008	2.18938	6.91720e-1		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 2.40978

1.0144 g ml de suelo PM-M5(a) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 12:47:40 p.m.      Seq. Line :   13
Sample Name      : PM-M5(a)                      Location  : Vial 13
Acq. Operator    : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

Results obtained with enhanced integrator!

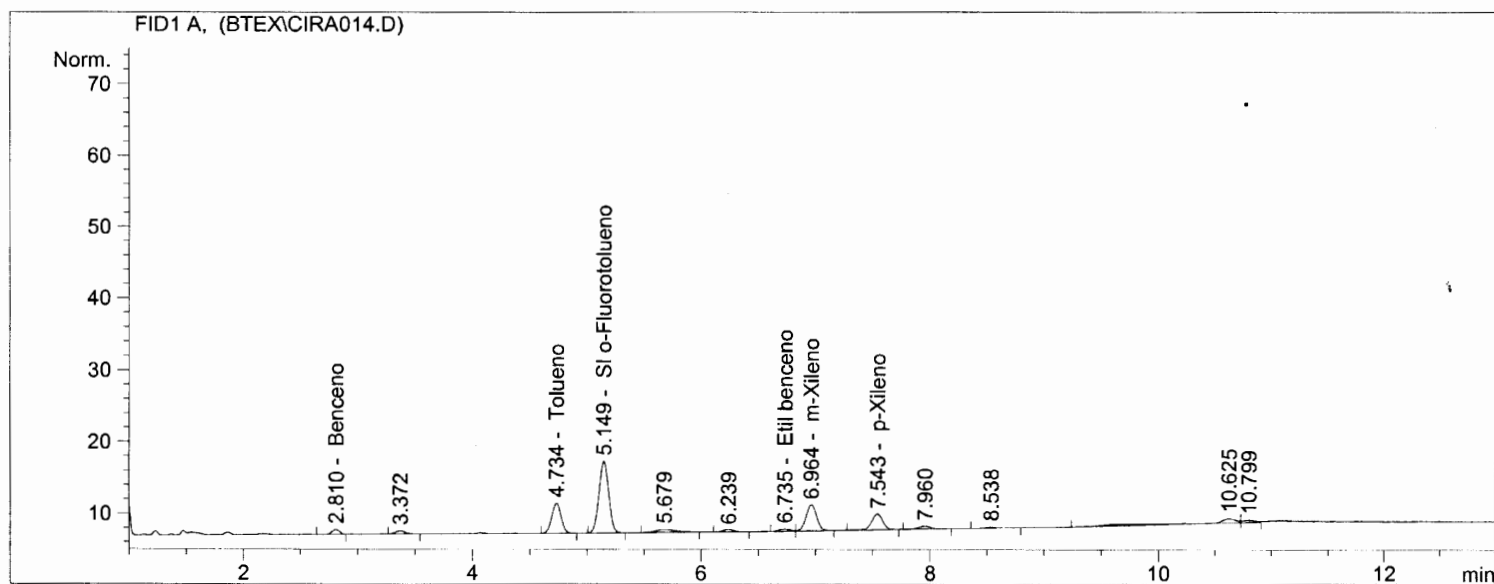
1 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)

```
=====
*** End of Report ***
```

1.0146 g ml de suelo PM-M5(b) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 01:06:24 p.m.      Seq. Line :   14
Sample Name     : PM-M5(b)                      Location  : Vial 14
Acq. Operator   : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



```
=====
Internal Standard Report
=====
```

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)
```

Sample ISTD Information:

```
ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]
```

```
-----|-----|-----
1      1.50000 SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.810	VV	3.08013	1.00942e-1	7.91581e-3		Benceno
4.734	PB	23.64666	1.37716	8.29102e-1		Tolueno
5.149	BB +I	58.91644	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.735	PV	1.94427	10.69390	5.29355e-1		Etil benceno
6.964	VB	23.52602	9.42871e-1	5.64749e-1		m-Xileno
7.543	BP	15.07758	1.95675	7.51140e-1		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 2.68226

1.0146 g ml de suelo PM-M5(b) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 01:06:24 p.m.      Seq. Line :   14
Sample Name      : PM-M5(b)                      Location  : Vial 14
Acq. Operator    : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume : Manually
Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

Results obtained with enhanced integrator!
1 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)

```
=====
*** End of Report ***
```

1.0143 g ml de suelo PM-M5(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L

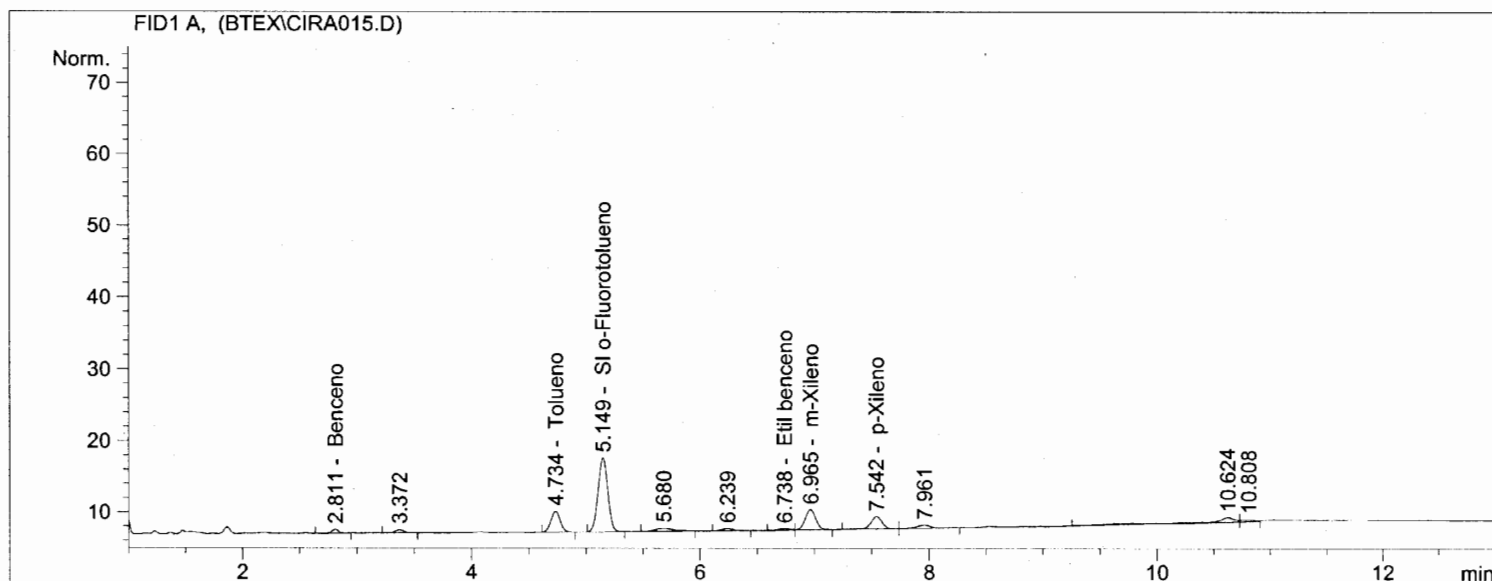
o-Fluorotolueno como SI

```

=====
Injection Date   : 08/04/2005 01:25:05 p.m.      Seq. Line :   15
Sample Name     : PM-M5(c)                      Location  : Vial 15
Acq. Operator   : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determination de sustancias volatiles
=====

```



```

=====
Internal Standard Report
=====

```

```

Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)

```

Sample ISTD Information:

```

ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]

```

```

-----|-----|-----
1      1.50000  SI o-Fluorotolueno

```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.811	VB	2.28627	0.00000	0.00000		Benceno
4.734	BB	16.52427	1.49453	6.04559e-1		Tolueno
5.149	BB +I	61.27439	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.738	PV	1.45670	14.06747	5.01648e-1		Etil benceno
6.965	VB	18.12674	1.01899	4.52172e-1		m-Xileno
7.542	BB	11.82875	2.30912	6.68649e-1		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 2.22703

1.0143 g ml de suelo PM-M5(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 01:25:05 p.m.      Seq. Line :   15
Sample Name      : PM-M5(c)                      Location  : Vial 15
Acq. Operator    : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

Results obtained with enhanced integrator!
2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Negative results set to zero (cal. curve intercept), (Benceno)

```
=====
*** End of Report ***
```

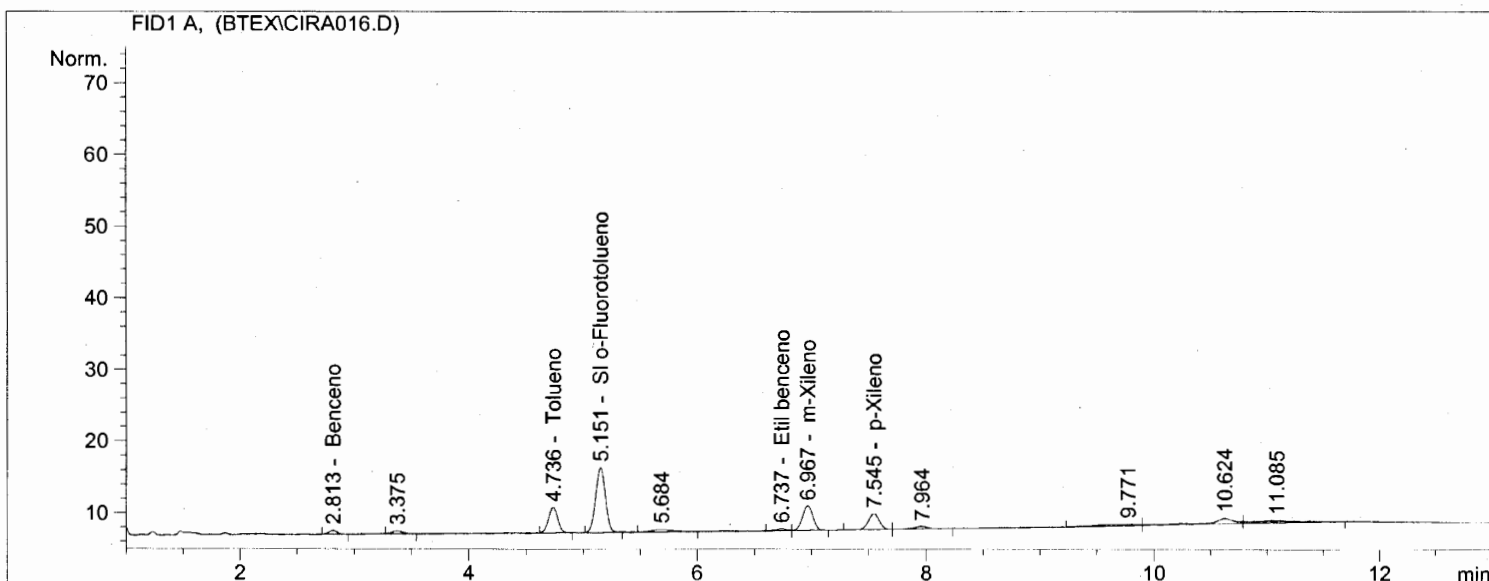

1.0003 g ml de suelo PM-M6(a) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L

o-Fluorotolueno como SI

```

=====
Injection Date   : 08/04/2005 01:43:50 p.m.      Seq. Line :   16
Sample Name     : PM-M6(a)                      Location  : Vial 16
Acq. Operator   : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====

```



Internal Standard Report

```

=====
Sorted By           : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier          : 1.0000
Dilution            : 1.0000
Sample Amount       : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]

```

```

-----|-----|-----
1      1.50000  SI o-Fluorotolueno

```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.813	BB	2.41159	0.00000	0.00000		Benceno
4.736	BP	19.95079	1.39479	7.82325e-1		Tolueno
5.151	BB +I	53.35477	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.737	BV	1.79273	10.53878	5.31156e-1		Etil benceno
6.967	VB	21.94336	9.36542e-1	5.77761e-1		m-Xileno
7.545	BV	15.01570	1.85864	7.84621e-1		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 2.67586

1.0003 g ml de suelo PM-M6(a) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 01:43:50 p.m.      Seq. Line :   16
Sample Name     : PM-M6(a)                      Location  : Vial 16
Acq. Operator   : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

Results obtained with enhanced integrator!
2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Negative results set to zero (cal. curve intercept), (Benceno)

```
=====
*** End of Report ***
```

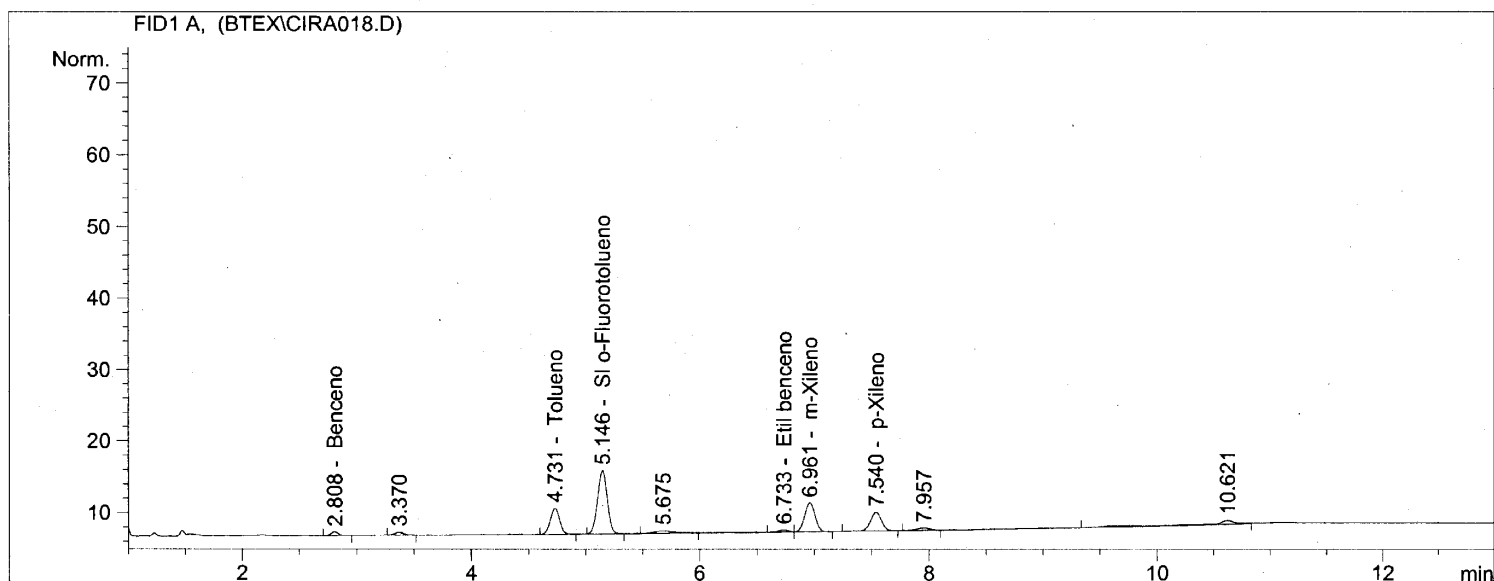
1.0006 g ml de suelo PM-M6(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L

o-Fluorotolueno como SI

```

=====
Injection Date   : 08/04/2005 02:21:16 p.m.      Seq. Line :   18
Sample Name     : PM-M6(c)                      Location  : Vial 18
Acq. Operator   : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====

```



Internal Standard Report

```

=====
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)

```

Sample ISTD Information:

```

ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]

```

```

-----|-----|-----
1      1.50000 SI o-Fluorotolueno

```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.808	PB	2.22386	0.00000	0.00000		Benceno
4.731	BB	20.43832	1.38242	8.14427e-1		Tolueno
5.146	BB +I	52.03856	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.733	BV	2.03137	9.35002	5.47479e-1		Etil benceno
6.961	VB	25.74344	9.00911e-1	6.68520e-1		m-Xileno
7.540	BB	17.57668	1.69455	8.58534e-1		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 2.88896

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 02:21:16 p.m.      Seq. Line :   18
Sample Name      : PM-M6(c)                      Location  : Vial 18
Acq. Operator    : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume : Manually
Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

Results obtained with enhanced integrator!
2 Warnings or Errors :

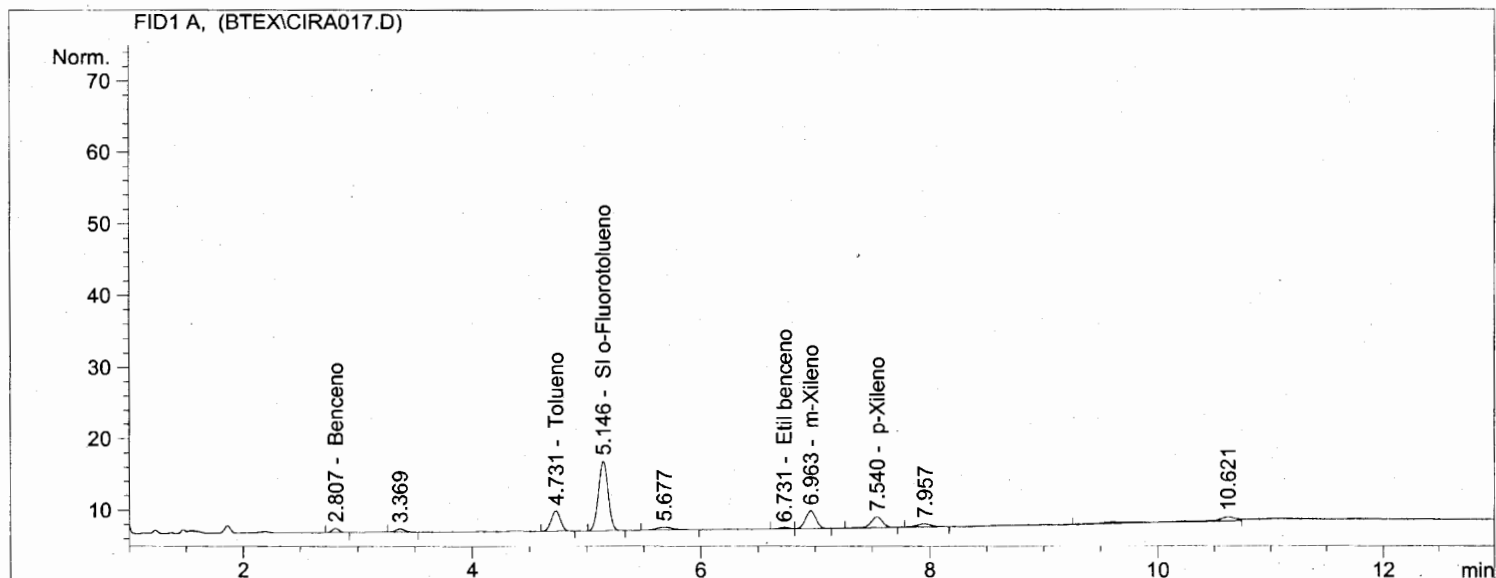
Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Negative results set to zero (cal. curve intercept), (Benceno)

```
=====
*** End of Report ***
```

1.0006 g ml de suelo PM-M6(b) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 02:02:33 p.m.      Seq. Line :   17
Sample Name     : PM-M6(b)                      Location  : Vial 17
Acq. Operator   : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Acq. Method    : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed   : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method: C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed   : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



Internal Standard Report

```
Sorted By           : Signal
Calib. Data Modified: 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier          : 1.0000
Dilution            : 1.0000
Sample Amount       : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)
```

Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
[µg/L]

```
-----|-----|-----
1      1.50000  SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.807	BP	2.57800	0.00000	0.00000		Benceno
4.731	BB	16.00989	1.48334	6.19403e-1		Tolueno
5.146	BB +I	57.51054	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.731	BV	1.28675	14.82208	4.97446e-1		Etil benceno
6.963	VP	15.68045	1.04396	4.26960e-1		m-Xileno
7.540	BB	10.40250	2.40560	6.52686e-1		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 2.19649

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 02:02:33 p.m.      Seq. Line :   17
Sample Name      : PM-M6(b)                      Location  : Vial 17
Acq. Operator    : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume : Manually
Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

Results obtained with enhanced integrator!
2 Warnings or Errors :

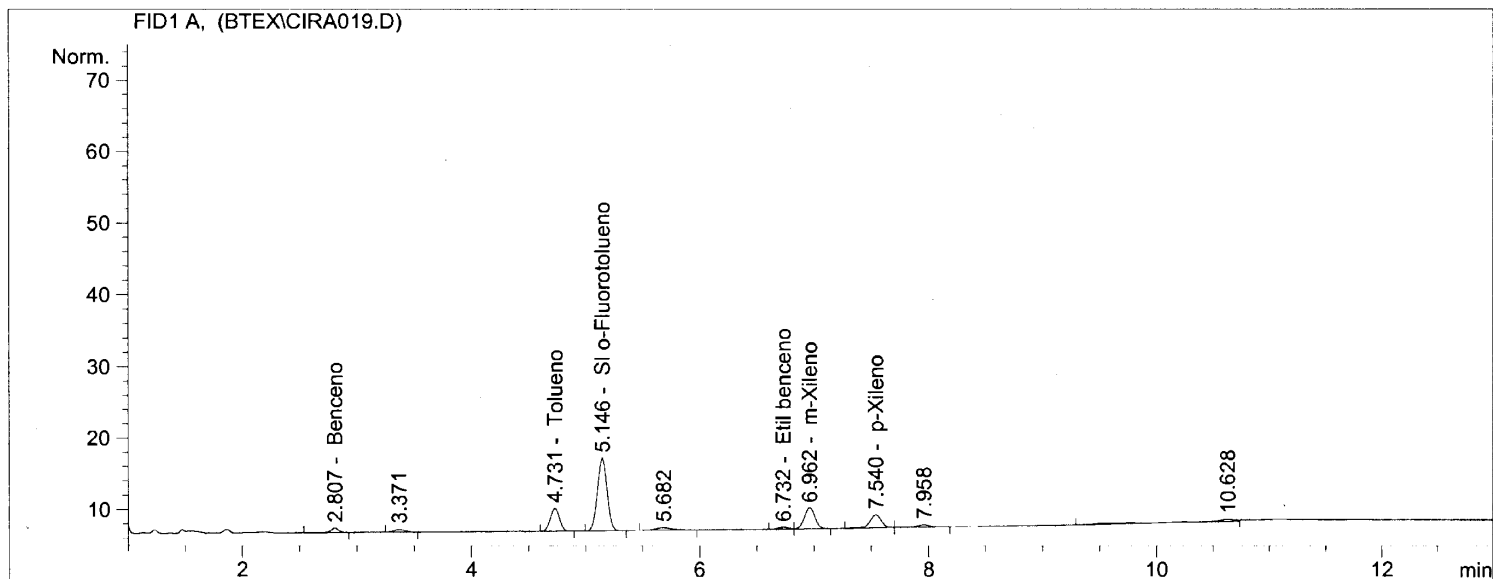
Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Negative results set to zero (cal. curve intercept), (Benceno)

```
=====
*** End of Report ***
=====
```

1.0048 g ml de suelo PM-M7(a) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 02:39:59 p.m.      Seq. Line :   19
Sample Name      : PM-M7(a)                      Location  : Vial 19
Acq. Operator    : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



Internal Standard Report

```
Sorted By          : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier         : 1.0000
Dilution           : 1.0000
Sample Amount      : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount   Name
# [µg/L]
-----|-----|-----
1      1.50000      SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.807	BP	2.78161	0.00000	0.00000		Benceno
4.731	BP	18.04850	1.45626	6.59648e-1		Tolueno
5.146	BB +I	59.76649	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.732	PV	1.62708	12.53818	5.12009e-1		Etil benceno
6.962	VP	18.77846	1.00182	4.72154e-1		m-Xileno
7.540	BV	12.43041	2.20610	6.88248e-1		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 2.33206

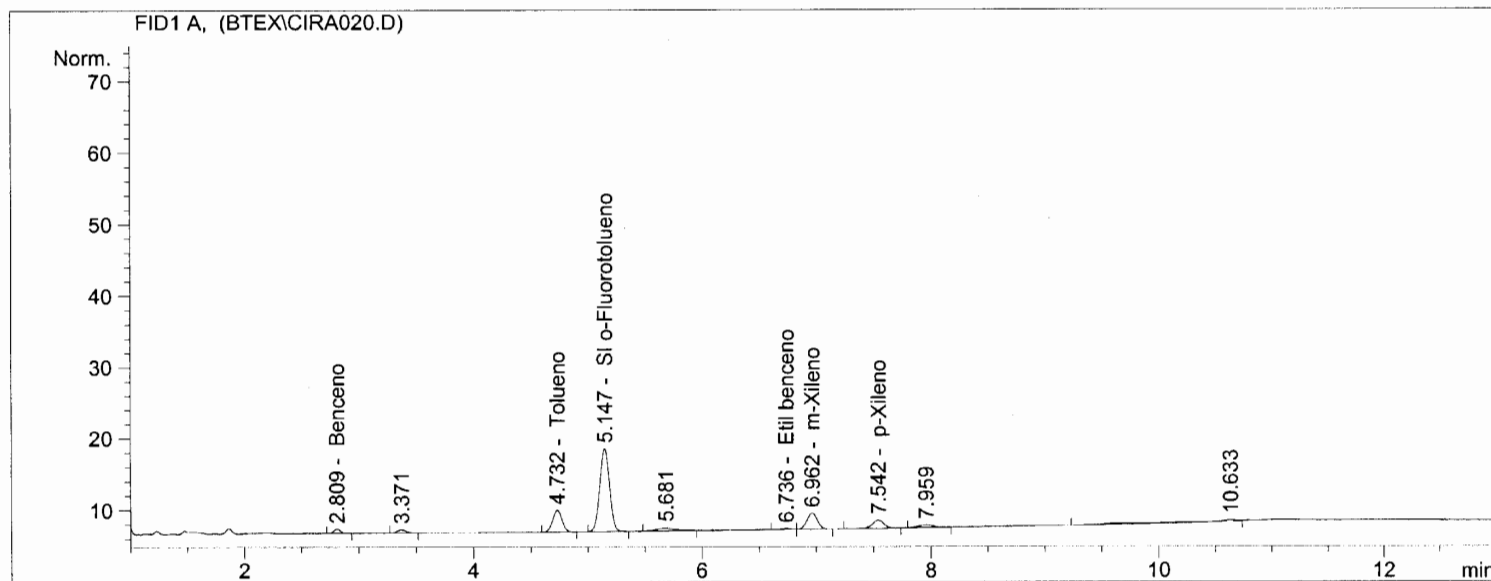
```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 02:39:59 p.m.      Seq. Line : 19
Sample Name      : PM-M7(a)                      Location  : Vial 19
Acq. Operator    : Sergio Salazaar                Inj       : 1
                                           Inj Volume : Manually
Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

Results obtained with enhanced integrator!
2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Negative results set to zero (cal. curve intercept), (Benceno)

```
=====
*** End of Report ***
=====
```


=====
Injection Date : 08/04/2005 02:58:42 p.m. Seq. Line : 20
Sample Name : PM-M7(b) Location : Vial 20
Acq. Operator : Sergio Salazaar Inj : 1
Inj Volume : Manually
Acq. Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
(modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====



=====
Internal Standard Report
=====

Sorted By : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier : 1.0000
Dilution : 1.0000
Sample Amount : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)

Sample ISTD Information:

ISTD ISTD Amount Name
[µg/L]

1 1.50000 SI o-Fluorotolueno

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.809	BB	2.50140	0.00000	0.00000		Benceno
4.732	BP	16.97301	1.52566	5.67749e-1		Tolueno
5.147	BB +I	68.41485	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.736	BV	1.11397	19.61832	4.79153e-1		Etil benceno
6.962	VB	14.12893	1.14602	3.55012e-1		m-Xileno
7.542	BB	8.12395	3.20663	5.71158e-1		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 1.97307

1.0047 g ml de suelo PM-M7(b) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

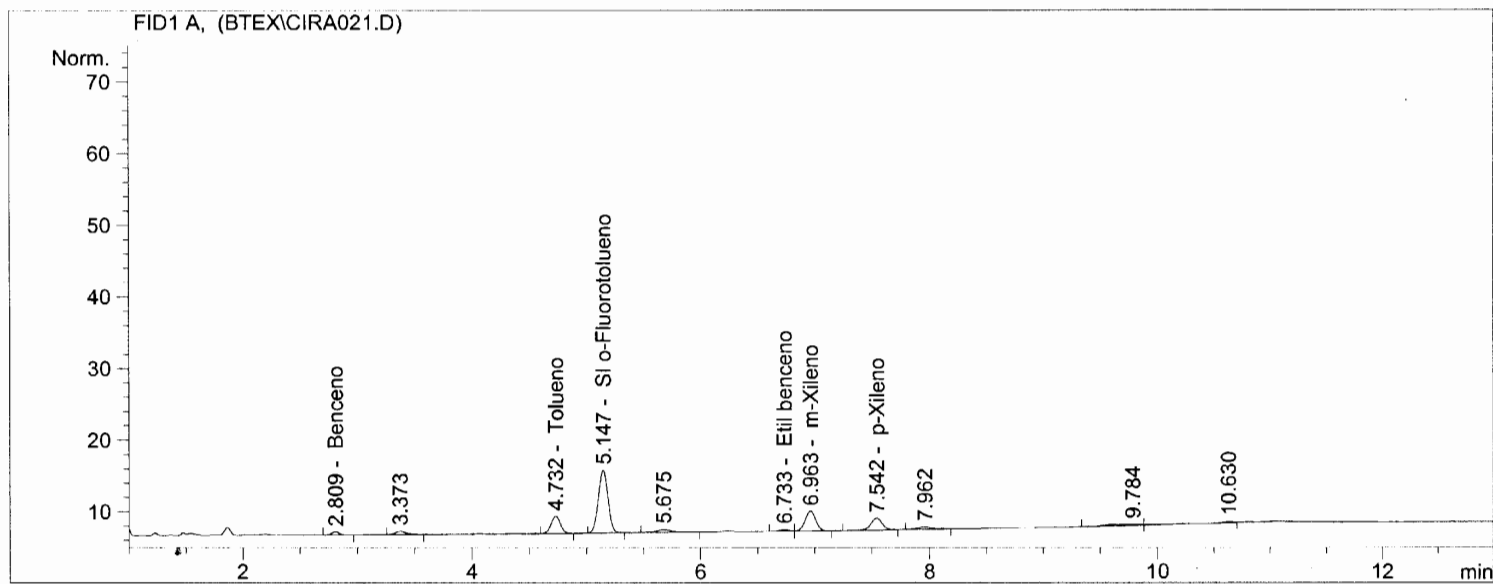
```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 02:58:42 p.m.      Seq. Line :   20
Sample Name      : PM-M7(b)                      Location  : Vial 20
Acq. Operator    : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume : Manually
Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

Results obtained with enhanced integrator!
2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Negative results set to zero (cal. curve intercept), (Benceno)

```
=====
*** End of Report ***
```

Injection Date : 08/04/2005 04:18:30 p.m. Seq. Line : 21
Sample Name : PM-M7(c) Location : Vial 21
Acq. Operator : Sergio Salazaar Inj : 1
Inj Volume : Manually
Acq. Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
(modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles



Internal Standard Report

Sorted By : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier : 1.0000
Dilution : 1.0000
Sample Amount : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
[µg/L]

1 1.50000 SI o-Fluorotolueno

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.809	PB	1.87866	0.00000	0.00000		Benceno
4.732	BP	13.55452	1.50492	5.91583e-1		Tolueno
5.147	BB +I	51.72161	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.733	PV	1.49877	11.90055	5.17275e-1		Etil benceno
6.963	VP	17.67030	9.79604e-1	5.02012e-1		m-Xileno
7.542	BB	11.32612	2.13923	7.02681e-1		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 2.31355

1.0037 g ml de suelo PM-M7(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L
o-Fluorotolueno como SI

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 04:18:30 p.m.      Seq. Line :   21
Sample Name      : PM-M7(c)                      Location  : Vial 21
Acq. Operator    : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

Results obtained with enhanced integrator!
2 Warnings or Errors :

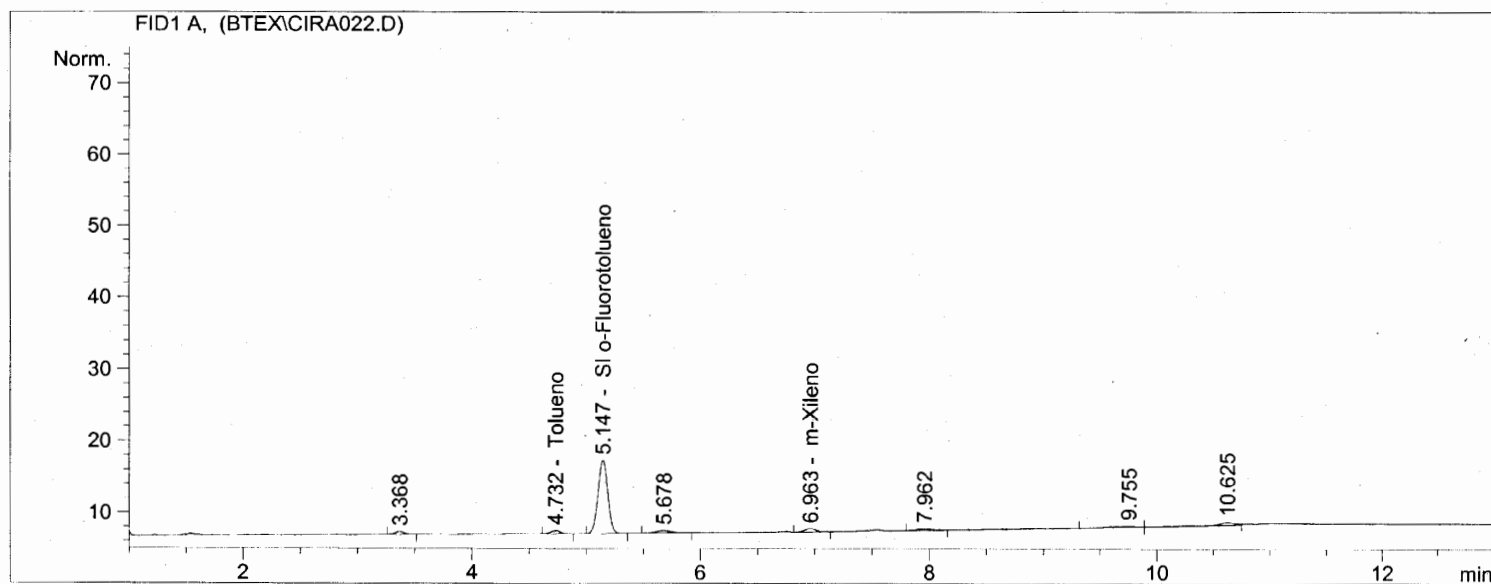
Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Negative results set to zero (cal. curve intercept), (Benceno)

```
=====
*** End of Report ***
=====
```

2 ml de agua PM-M8(a) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno.

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 04:37:13 p.m.      Seq. Line :   22
Sample Name     : PM-M8(a)                      Location  : Vial 22
Acq. Operator   : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Acq. Method     : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed    : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



```
=====
Internal Standard Report
=====
```

```
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)
```

```
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]
```

```
-----|-----|-----
1      1.50000  SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.807		-	-	-		Benceno
4.732	BB	2.48466	3.50597	2.14146e-1		Tolueno
5.147	BP +I	61.01790	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.731		-	-	-		Etil benceno
6.963	VB	2.97784	2.50582	1.83436e-1		m-Xileno
7.541		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 3.97581e-1

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 04:37:13 p.m.      Seq. Line :   22
Sample Name      : PM-M8(a)                      Location  : Vial 22
Acq. Operator    : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume : Manually
Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

Results obtained with enhanced integrator!
2 Warnings or Errors :

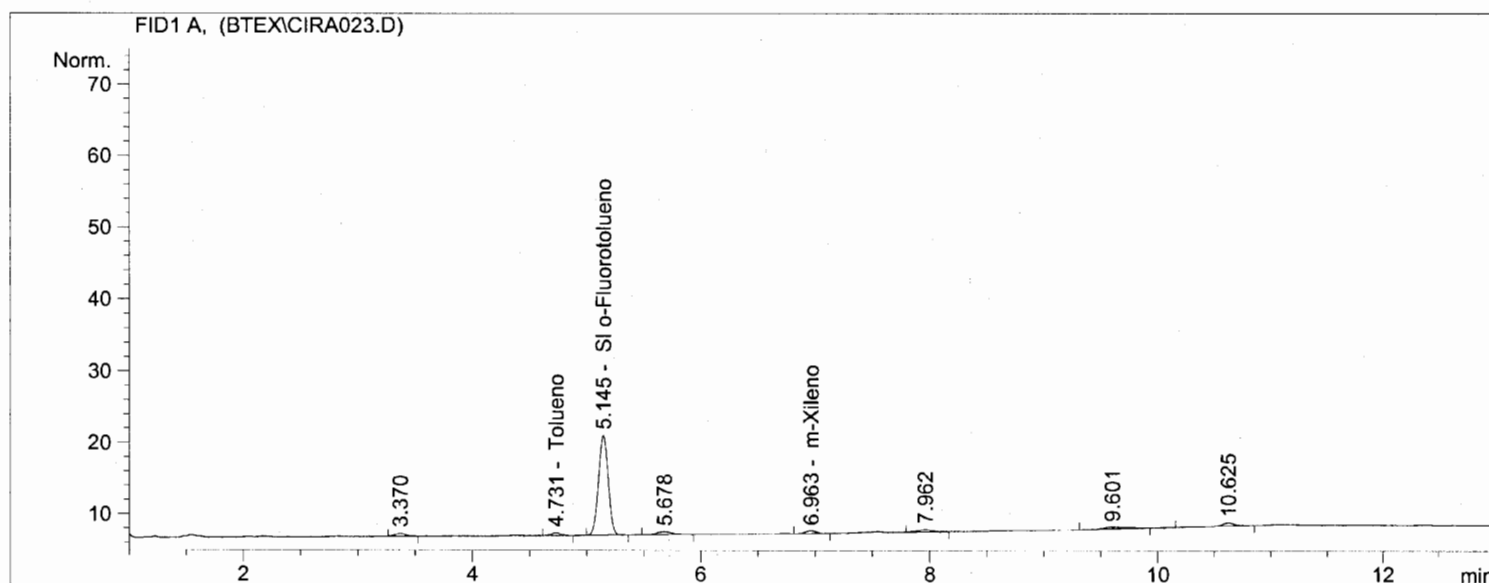
Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
=====
```

2 ml de agua PM-M8(b) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluorotolueno.

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 04:55:54 p.m.      Seq. Line :   23
Sample Name      : PM-M8(b)                      Location  : Vial 23
Acq. Operator    : Sergio Salazaar               Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually

Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



```
=====
Internal Standard Report
=====
```

```
Sorted By          : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier         : 1.0000
Dilution           : 1.0000
Sample Amount      : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]
```

```
-----|-----|-----
1      1.50000  SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.807		-	-	-		Benceno
4.731	BB	2.35173	4.52886	1.93207e-1		Tolueno
5.145	BB +I	82.68822	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.729		-	-	-		Etil benceno
6.963	VB	2.31939	3.82317	1.60859e-1		m-Xileno
7.540		-	-	-		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 3.54066e-1

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 04:55:54 p.m.      Seq. Line :   23
Sample Name      : PM-M8(b)                      Location  : Vial 23
Acq. Operator    : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume : Manually
Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

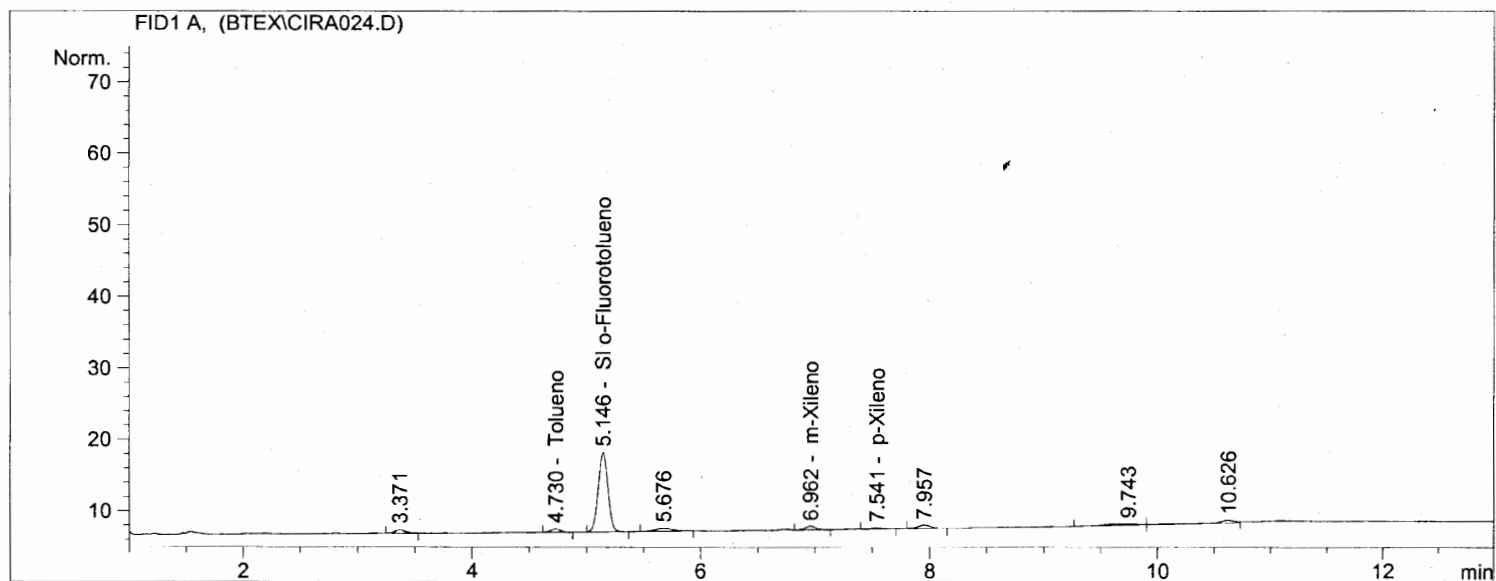
Results obtained with enhanced integrator!
2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
=====
```


2 ml de agua PM-M8(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno.

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 05:14:39 p.m.      Seq. Line :   24
Sample Name      : PM-M8(c)                      Location  : Vial 24
Acq. Operator    : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume: Manually
Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```



Internal Standard Report

```
=====
Sorted By      : Signal
Calib. Data Modified : 06/12/2004 02:58:24 p.m.
Multiplier     : 1.0000
Dilution       : 1.0000
Sample Amount   : 1.00000 [µg/L] (not used in calc.)
Sample ISTD Information:
ISTD ISTD Amount Name
# [µg/L]
```

```
-----
1      1.50000  SI o-Fluorotolueno
```

Signal 1: FID1 A,

RetTime [min]	Type	Area [pA*s]	Amt/Area ratio	Amount [µg/L]	Grp	Name
2.807		-	-	-		Benceno
4.730	BP	2.63069	3.53805	2.13218e-1		Tolueno
5.146	BB +I	65.47884	1.00000	1.50000		SI o-Fluorotolueno
6.730		-	-	-		Etil benceno
6.962	VP	3.25954	2.47086	1.84499e-1		m-Xileno
7.541	BP	1.13369	16.86771	4.38069e-1		p-Xileno

Totals without ISTD(s) : 8.35786e-1

2 ml de agua PM-M8(c) con 1.5 ml de SI 2.0 µg/L o-Fluo
rotolueno.

```
=====
Injection Date   : 08/04/2005 05:14:39 p.m.      Seq. Line :   24
Sample Name      : PM-M8(c)                      Location  : Vial 24
Acq. Operator    : Sergio Salazaar                Inj       :    1
                                           Inj Volume : Manually
Acq. Method      : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 07/12/2004 10:11:48 a.m. by Yader Hernández
Analysis Method  : C:\HPCHEM\1\METHODS\VOLATIL2.M
Last changed     : 08/04/2005 10:49:05 a.m. by Sergio Salazaar
                  (modified after loading)
Determinacion de sustancias volatiles
=====
```

Results obtained with enhanced integrator!
2 Warnings or Errors :

Warning : Calibration warnings (see calibration table listing)
Warning : Calibrated compound(s) not found

```
=====
*** End of Report ***
=====
```

ANEXO G

Glosario de Términos usados

ACUÍFERO Formación de roca portadora de agua.

ABSORCIÓN Proceso en el cual una materia se impregna en otra materia y la retiene. Este proceso puede consistir en la solución física de un gas, de un líquido o de un sólido en un líquido o la reacción química de un gas o de un líquido con un líquido o un sólido

ADSORCIÓN Es la adhesión, provocada por atracciones eléctricas o químicas, de las moléculas de un gas, un líquido o una sustancia disuelta en una superficie. Este fenómeno es típico en la superficie del carbón activado, cuando se usa para la eliminación de sustancias orgánicas disueltas y el cloro

ADVECCIÓN Transporte de trazas conservativas no reactivas

AGUA SUBTERRÁNEA Es el agua ubicada por debajo de la superficie dentro de zona saturada.

AEROBICA Condición caracterizada por la presencia de oxígeno

AIREACIÓN Etapa en la que se inyecta aire en una corriente líquida. Los métodos más usuales son el uso de difusores, el uso de aireadores mecánicos y el uso de lechos percoladores.

ALUVIAL Relativo al material depositado por las aguas corrientes

ANAERÓBICA Condición caracterizada por la ausencia de aire o de oxígeno libre

AUGER Herramienta de sondeo manual para la extracción del material del subsuelo

BIODEGRADACIÓN La transformación de compuestos orgánicos por acción de microorganismos existentes en el suelo, cuerpos de aguas naturales o sistemas de tratamiento de desagües.

CARCINÓGENO Cualquier sustancia con tendencia a producir cáncer en el organismo.

CIRCUM PACÍFICO Zona de intensa actividad sísmica y volcánica alrededor del Océano Pacífico.

COLUVIAL Material suelto heterogéneo depositado en laderas por los agentes de erosión de masas.

CONTAMINANTE Elemento que por acción del hombre empeora la calidad de las aguas. Contenido de sustancias orgánicas y minerales en las aguas.

DARCY (Ley) Una fórmula derivada aplicada al flujo de los fluidos.

DISPERSIÓN Mezcla de dos o más sustancias por el movimiento aleatorio de sus partículas

EFLUENTE Descarga de aguas servidas

ENDÉMICO Relativo a los organismos limitados a un área o ambiente particular

EVAPOTRANSPIRACIÓN La suma de la evaporación de superficies húmedas y de la transpiración de la vegetación.

GEOFÍSICA Ciencia que estudia los fenómenos físicos de la tierra a nivel global y/o local

GRABEN Bloque hundido fallado limitado por un bloque levantado.

HIDROCARBUROS Compuestos orgánicos conteniendo solamente carbón e hidrógeno, comúnmente encontrado en los derivados de petróleo, gas natural y carbón.

HIDROFÓBICO Es la tendencia (debida a su estructura) de un compuesto químico a ser insoluble y no mezclarse con el agua o algún medio acuoso. Los materiales hidrofóbicos tienden a agruparse cuando son colocados en un medio con agua, separándose en una fase no acuosa e hidrofóbica (como lo que pasa al mezclar aceite y agua).

HIDROLOGÍA Todo lo relacionado con las propiedades, ocurrencia y movimiento del agua.

INDICADOR AMBIENTAL Es un parámetro o valor derivado de parámetros generales, que describe de manera sintética las presiones, el estado, las respuestas y/o tendencias de los fenómenos ecológicos y ambientales, cuyo significado es más amplio que las propiedades asociadas directamente al valor del parámetro.

PERMEABILIDAD Una medida de la habilidad de la roca para transmitir fluidos. Porosidad Efectiva.

PIROCLASTOS Fragmentos sólidos de lava, formados por las explosiones al separarse el gas magmático en el conducto de un sistema eruptivo.

RESISTIVIDAD Relativo a la resistencia de materiales al paso de la corriente
Lo recíproco de la Conductividad

RIESGO El grado de pérdida en la disponibilidad del agua

REOLOGÍA Estudio de la deformación y flujo en los materiales incluyendo su
Elasticidad, viscosidad y plasticidad

SORCIÓN Es el proceso de equilibrio-partición entre la fase acuosa y el medio poroso, y está representado por un factor llamado Factor de Retardación R

SUSCEPTIBILIDAD Lo que es inherente y natural

TECTONICA Relativo a la deformación de la Corteza Terrestre resultado de
esfuerzos aplicados

VOLATILIZACIÓN Capacidad de las sustancias disueltas en un medio líquido de transferirse hacia un medio gaseoso

VULNERABILIDAD Exposición al peligro por la actividad humana

XENOBIOTICO Compuesto químico que es ajeno a un organismo vivo

ZONA VADOSA La zona en la cual los espacios porosos en los materiales permeables no están llenos (excepto temporalmente) de agua

ZONA DE SATURACIÓN La zona en la cual los espacios porosos están llenos de agua. También se conoce como zona freática.